

DISEÑO FOTOMÉTRICO Y ELABORACION DE PLANOS PARA LA MODERNIZACIÓN
DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN PARQUES Y VIAS DE LAS LOCALIDADES DE
KENNEDY, BOSA, FONTIBON, PUENTE ARANDA, USAQUÉN, ENGATIVA Y USME DE
LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

CARLOS ADRIÁN CARVAJAL HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PEREIRA

2019

DISEÑO FOTOMÉTRICO Y ELABORACION DE PLANOS PARA LA MODERNIZACIÓN
DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN PARQUES Y VIAS DE LAS LOCALIDADES DE
KENNEDY, BOSA, FONTIBON, PUENTE ARANDA, USAQUÉN, ENGATIVA Y USME DE
LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

CARLOS ADRIÁN CARVAJAL HERNÁNDEZ

INFORME DE PRÁCTICA EMPRESARIAL PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PEREIRA

2019

Agradecimientos

Especiales agradecimientos a todas las personas que me apoyaron y asesoraron durante este proceso con el fin de cumplir con los objetivos planteados. A los ingenieros Christian Camilo Serrato y Carlos Arturo Ardila por su apoyo, enseñanza; y a todas las personas del área de ingeniería y operaciones.

Al director del proyecto Alejandro Garcés PhD, por su participación en el proceso de mi práctica, a mi madre y hermana por su esfuerzo, paciencia y dedicación constante con mis estudios, a mis compañeros de estudios y de vida Carlos Andrés Castro, María Fernanda Eraso y Valentina Cano por su constante apoyo y motivación y a todas las demás personas que ayudaron de manera desinteresada a la conclusión de mi trabajo y que de una u otra manera participaron a la ejecución del mismo.

El Autor.

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	4
1 Introducción	8
1.1 Acerca de Enel Codensa S.A ESP.....	8
1.2 Definición del Problema	9
1.3 Justificación	9
1.4 Objetivos	10
1.4.1 Objetivo General	10
1.4.2 Objetivos Específicos.....	10
2. Etapas de Capacitación para la Formación como diseñador de AP en Enel Codensa.....	12
2.1 Inducción AP.....	12
2.2 Reconocer la Estructura Organizativa AP Enel-Codensa	12
2.3 Capacitación RETIE y RETILAP.....	18
2.4 Manejo de Herramientas de Diseño	22
2.4.1 Capacitación de Trámites ante Operador de Red y Organismos de Control (UAESP)	23
2.4.2 Diseño Guiado de Proyectos de AP	23
3. Estado del Arte en Tipos de Iluminación en la Ciudad de Bogotá.....	24
3.1 Fuentes de Iluminación Utilizadas en Bogotá	25
3.1.1 Fuentes de Sodio 70 a 400 W para AP	28
3.1.2 Fuentes de Halogenuro 70 a 400 W para AP.....	34
3.1.3 Fuentes LED para el AP.....	35
3.2 Estado Actual de la Modernización en Bogotá.....	39
4. Metodología Desarrollada.....	41
4.1 Plano de Infraestructura Existente.....	42
4.2 Análisis y Verificación del Levantamiento	43
4.3 Clasificación del Tipo de Proyecto.....	45
4.4 Clasificación de Vías o Áreas	46
4.5 Identificación y Registro del Proyecto.....	47
4.6 Elaboración de Propuesta Fotométrica.....	49
4.6.1 Diseño Fotométrico	49
4.7 Elaboración de Planos de Diseños Fotométricos	55
4.8 Solicitud de aprobación.....	57
4.9 Radicación formal del proyecto.....	57

5.	Resultados obtenidos de la práctica	58
6.	Conclusiones.....	63
7.	Anexos digitales.....	64
8.	Bibliografía.....	65

Acrónimos y Palabras Claves

Acrónimo y palabras clave	Descripción
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas expedido por el Ministerio de Minas y Energía, mediante Resolución No 181294 de 2008 y modificada mediante Resolución No. 180195 de 2009, o aquellas que la modifiquen, adicionen o complementen.
RETILAP	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público expedido por el Ministerio de Minas y Energía, mediante Resolución No. 181331 de 2009 y modificada mediante resoluciones No. 180265, 180540 y 181568 de 2010, o aquellas que la modifiquen, adicionen o complementen.
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
ET	Especificación Técnica reglamentada por ENEL-Codensa.
UAESP	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)
MUAP	Manual Único de Alumbrado Publico
AP	Alumbrado Público
INCIDENCIA	Número de Orden asociada a una falla o reporte.
Diseño Fotométrico	Diseño del Alumbrado Público encargado de asignar la luminancia e iluminancia mínima requerida por el reglamento de iluminación vigente RETILAP.
No Conformidades	Según la norma ISO 9000:2005 una No Conformidad es un incumplimiento de un requisito del sistema, sea este especificado o no. Se conoce como requisito una necesidad o expectativa establecida, generalmente explícita u obligatoria.
Infraestructura Compartida	Es el conjunto de bienes compuesto por los activos necesarios para la prestación del Servicio de Alumbrado Público, que forman parte de un sistema de distribución de energía eléctrica de un Operador de red y que son utilizadas por el prestador del Servicio de Alumbrado Público de acuerdo con lo establecido en el anexo de la Resolución CREG 123 de 2011.
Infraestructura Propia	Es el conjunto de bienes compuesto por los activos de redes exclusivas necesarios para la prestación del Servicio de Alumbrado Público, que no forman parte de un sistema de distribución de energía eléctrica de un Operador de red, y que son utilizadas por el prestador del Servicio de Alumbrado Público de acuerdo con lo establecido en el anexo de la Resolución CREG 123 de 2011.
UCAP	Las UCAP establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas contienen los equipos y accesorios necesarios para la prestación del servicio con los niveles de calidad exigidos por el Ministerio de Minas y Energía, cumpliendo con la normatividad vigente en materia de seguridad
VUC	La Ventanilla Única de la Construcción es la plataforma por la cual, cada proyecto de alumbrado público se radica digitalmente ante el organismo de control.

Vida Útil	La vida útil de un activo de alumbrado público estará determinada por el promedio ponderado con respecto al costo y a las vidas útiles de las unidades constructivas que lo conforman, de acuerdo con lo establecido en el anexo de la Resolución CREG 123 de 2011.
Expansión	Es la extensión de nuevos activos de alumbrado público por el desarrollo vial o urbanístico del municipio o distrito, o por el redimensionamiento del sistema existente de acuerdo con lo establecido en el anexo de la Resolución CREG 123 de 2011.

1 Introducción

1.1 Acerca de Enel Codensa S.A ESP

CODENSA S.A ESP. Surge en 1997 tras el proceso de capitalización de la empresa de Energía de Bogotá, encargándose del proceso de distribución y comercialización de la energía eléctrica en la capital, y en todos los municipios de Cundinamarca. Actualmente pertenece al grupo ENEL, multinacional europea que funciona en varios países y abarca gran parte de América Latina. Enel - Codensa es el líder en el mercado colombiano con 3.4 millones de clientes y con un 24% de participación en el país. Actualmente, cuenta con más de 120 subestaciones eléctricas y con instalaciones que modifican y establecen los niveles de tensión, además de 72.510 kilómetros de redes de alta, media y baja tensión, a lo largo de Bogotá y la zona rural de Cundinamarca.

Enel Codensa ha hecho una gran inversión para lograr en los próximos tres años un mejoramiento en el servicio de energía, alumbrado público, tecnologías que permiten detectar el hurto de energía oportunamente, entre otros[1].

Enel - Codensa es el operador de alumbrado público más grande del país, con un total de 415 mil luminarias aproximadamente, presta el servicio de alumbrado a la capital, a 34 municipios de Cundinamarca, y suministra la energía con destino al alumbrado público a más de 92 municipios adicionales en Cundinamarca, Boyacá, Tolima y Meta.

Hoy, la tendencia mundial es transformar todos los sistemas de energía a tecnología LED y conscientes de que el alumbrado público hace parte del progreso de las comunidades, al brindarles la oportunidad de apropiarse de sus lugares de convivencia, en el 2014 se inició un proyecto de modernización y remodelación del parque lumínico del sistema de alumbrado público de Bogotá junto con la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), el cual continuará hasta el 2019.

Hasta el momento, cerca de 15 mil luminarias hemos modernizado con tecnología LED entre Bogotá y los demás municipios, en los que se estima un ahorro energético aproximado del 45% [2].

1.2 Definición del Problema

El alumbrado público en la zona de influencia de la compañía en su mayoría cuenta con iluminación con tecnología SODIO, lo que en términos técnicos hace que el consumo de energía sea mayor que la energía demandada con tecnología LED; en términos de confort visual y seguridad, existe una diferencia significativa, lo cual, al realizar el cambio a tecnología LED implicaría un mejoramiento importante en los niveles de iluminación, seguridad de la ciudad y municipios de Colombia.

La empresa de energía ENEL-CODENSA inició el proyecto para modernizar el alumbrado público en Bogotá y municipios de Cundinamarca realizando la modernización a tecnología LED, teniendo en cuenta el ahorro de energía, el impacto visual, la seguridad con el cambio de tecnología, el diseño y cumplimiento de la normatividad vigente (RETIE y RETILAP).

La modernización a LED representa un reto, teniendo en cuenta la cantidad de luminarias pertenecientes a la empresa, la cantidad de localidades y municipios en las que su alumbrado público es responsabilidad de ENEL-CODENSA, por tener convenios o contratos para la prestación del servicio de Alumbrado Público.

Este proceso de modernización cuenta con seguimiento y aprobación por parte de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), entidad que es la responsable de la aprobación de los diseños fotométricos elaborados por CODENSA para las respectivas zonas donde se proyecte la modernización.

En el área de diseño de Enel, es donde recae la primera responsabilidad para que este proyecto pueda ser viable y ejecutable, de modo que la práctica universitaria a desarrollar en ENEL-CODENSA impacta en el desarrollo, y el cumplimiento del proyecto.

1.3 Justificación

Hoy en día las ciudades más desarrolladas del mundo han implementado la iluminación LED como base de su infraestructura de alumbrado público, esto en su mayoría conlleva un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica con otra tecnología. Ciudades como Nueva York, Barcelona, Sídney, Los Ángeles o Taiwán utilizan actualmente iluminación LED. Todas ellas coinciden en que el ahorro que ha supuesto la implantación de este tipo de iluminación ha sido significativo comparado al consumo que presentaban con otras tecnologías en sus registros históricos de consumos; todas estas ciudades han afirmado que han podido recuperar rápidamente la inversión inicial y que han amortizado el precio de modernizar la infraestructura de estas ciudades con la disminución de consumo de energía eléctrica [3]. Esto gracias a que la vida útil de una luminaria LED es mucho más prolongada que las otras tecnologías y el mantenimiento no es tan recurrente.

Lo anterior hace que ciudades de gran densidad poblacional y territorial como Bogotá D.C tiendan a realizar este cambio para hacer un uso eficiente de la energía.

Igualmente, el que el alumbrado público esté fuertemente relacionado con la percepción de la seguridad en las ciudades, compromete aún más a la compañía, debido a que está en la búsqueda de actividades y proyectos que ayuden a mejorar la calidad de vida de los clientes. En este punto, el proyecto de modernización del alumbrado público cobra relevancia y obliga a dar un paso importante e imperativo para avanzar en la transformación del 100% de las luminarias.

Con el alumbrado público, se busca construir ciudad, crear puntos de convivencia donde sus habitantes puedan disfrutar plenamente. Al mismo tiempo, genera en las personas un sentido de pertenencia sobre sus áreas comunales, al recuperar y realzar el patrimonio histórico de cada comunidad, comprometiéndolas con su cuidado y mantenimiento.

El proyecto de modernización del alumbrado público beneficia a toda la comunidad, logrando un incremento positivo en la seguridad y en la tranquilidad de sus habitantes; asimismo, ha impactado positivamente las actividades comerciales y ha fomentado el turismo, aportando a la productividad de la región.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar el diseño fotométrico y apoyar el proceso de sus respectivas aprobaciones para la Modernización del alumbrado público de vías principales, secundarias, proyectos especiales, zonas deportivas y parques en las localidades de Kennedy, Bosa, Fontibón, Puente Aranda y Usme de la ciudad Bogotá; a través del diseño fotométrico detallado, cumpliendo normativamente con el RETIE y RETILAP.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar el diseño fotométrico y la elaboración de planos de vías y parques.
- ✓ Desarrollar habilidad para el manejo de los softwares dedicados al diseño y simulación de sistemas eléctricos y fotométricos.
- ✓ Aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica profesional sobre iluminación y reglamentación técnica (RETIE y RETILAP) para el diseño de vías y parques.

- ✓ Formar habilidades para la presentación de proyectos ante entidades públicas y privadas.

2. Etapas de Capacitación para la Formación como diseñador de AP en Enel Codensa

2.1 Inducción AP

Para comprender el proceso de funcionamiento del alumbrado público que se lleva a cabo en ENEL CODENSA es necesario tener conocimiento acerca de la estructura organizativa y la funcionalidad que tiene cada componente dentro de esta para entender el proceso que conlleva a iluminar de manera correcta las vías, parques o demás zonas públicas en la ciudad de Bogotá.

Es un proceso organizado por divisiones y áreas que permiten un mejor estudio, atención, funcionamiento y enfoque de fallas o problemas que represente la falta del servicio a la comunidad. Cada área de la que está compuesta el alumbrado público de la ciudad de Bogotá, cuenta con personal especializado para que el servicio pueda funcionar sin inconvenientes y sin interrupciones; con esto, se puede decir, que el alumbrado público para ENEL-CODENSA es de vital importancia en el desarrollo de una ciudad o país, por tal motivo debe ser correctamente planificada.

2.2 Reconocer la Estructura Organizativa AP Enel-Codensa

El reconocimiento de la estructura organizativa del AP es esencial para identificar y comprender las tareas que conlleva a cada área o proceso hacer que un proyecto o diseño pueda ser tanto energética, económica y normativamente viable. Esto hace que se pueda evidenciar el proceso al cual se ve sometido un proyecto para poder cumplir con la normatividad y los estándares de calidad de luminarias, estructuras y ahorro energético; haciendo posible la ejecución y garantizando que su posterior funcionamiento sea correcto.

La siguiente, es la estructura organizativa del AP en Enel-Codensa:

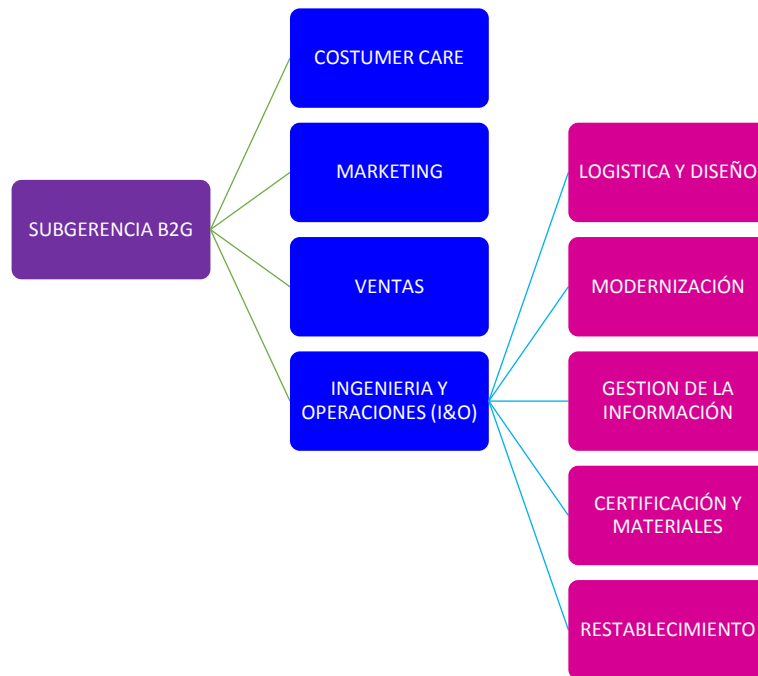


Figura 1. Diagrama de la estructura organizativa de AP.

2.2.1 Costumer Care

En el mundo actual, una de las cosas más importantes que debe hacer una persona, compañía o empresa para conseguir el éxito, es saber conquistar a sus clientes, hacer que permanezcan en constante crecimiento junto a la compañía. Costumer Care es el área que se encarga de esta función para el alumbrado público, por lo que se hace tan importante que cada área funcione correctamente y a partir de allí poder ofrecer un buen servicio con calidad y garantías para los clientes, donde estos pueden ser en este caso municipios, ciudades, privados, etc.

Es aquí donde se planean las maneras más adecuadas para crear una red de clientes fiel y amplia, de manera que haya un mutuo crecimiento.

2.2.2 Marketing

Es el área encargada de comunicar, manejar y coordinar estrategias de venta, además, debe obtener ganancias al mismo tiempo de satisfacer los requerimientos y necesidades del cliente.

El objetivo del departamento de marketing es ubicar y conseguir un posicionamiento para la empresa en el mercado y de esta forma incrementar las ventas y los ingresos.[4]

2.2.3 Ventas

Esta división de la subgerencia es la encargada de representar a la empresa en temas de negocios para el alumbrado público, generando nuevos tipos de negocios no solo con la ciudad de Bogotá, sino en general con el resto del país; lo que implica que este dentro de sus objetivos el crecimiento y reconocimiento de la empresa a lo largo del territorio, teniendo como principal garantía el ofrecimiento de un servicio de alta calidad. Para que esto se pueda vea reflejado ante los posibles clientes, se entabla comunicación, se ajustan precios, y se negocia el tema de expansiones y nuevas obras así como el flujo de los proyectos de negocio con las demás ciudades y municipios donde se tiene convenio para mantener un constate avance en temas de AP.

2.2.4 Ingeniería y operaciones (I&O)

Área delegada para desarrollar toda la parte técnica de la subgerencia donde se manipulan y realizan todos los proyectos de Alumbrado Público de la ciudad de Bogotá; por esta razón se divide en una serie de procesos que facilitan y agilizan el cumplimiento de los proyectos.

Cada proceso es dependiente del otro, lo que hace que se deba trabajar en equipo junto con los demás procesos, convirtiendo la información de uso general en el área para lograr los resultados esperados.

A continuación se hará una breve descripción de los procesos que componen el área de I&O.

Diseño y Logística

Es en esta área donde recaen todos los proyectos de alumbrado público para la ciudad de Bogotá; es donde también se planifica la participación de la empresa en megaproyectos, se realizan licitaciones, evalúan empresas y se manejan en su totalidad temas de entrada y salida de materiales, incluyendo la planificación y proyección de consumos para cada periodo, cubriendo la infraestructura que se necesite según los diseños realizados, tales como, postes, luminarias, soportes, cable, empalmes, etc.

Como ya había mencionado anteriormente, todos los procesos dependen uno de otro, por esta razón en el proceso de Logística y Diseño desempeña funciones de gran importancia tanto para el alumbrado público de Bogotá como para al área de AP de la subgerencia B2G. Algunas de estas son:

- Diseño
- Manejo y modificación de las ET de Enel Codensa
- Influencia en las compras por parte de la subgerencia
- Control de contratos
- Participación en el plan de Expansiones
- Colaboración en el plan y control de calidad de materiales

- Procesos de licitaciones.

Hoy en día, junto con las demás procesos y áreas que componen la estructura organizativa de AP de Enel Codensa, se juega un papel muy importante para el futuro del alumbrado público en la ciudad de Bogotá y demás ciudades del país, ya que estas se encuentran en un proceso de modernización, tomando el proceso de diseño un gran valor para garantizar que los requerimientos de las normas y de los entes regulatorios se cumplan a cabalidad.

Modernización y Expansiones

Una vez se haya realizado el proceso de diseño a cualquier proyecto de alumbrado público, cumpliendo con la normatividad, regulación y aprobación del ente de control, es enviado al proceso de modernización, el cual se encarga del intercambio de luminarias ya existentes en base de datos de Sodio a LED o de Sodio a Halogenuro. Esto corresponde a cambios de tecnología de acuerdo con las luminarias instaladas o ya registradas en base de datos.

Por otra parte, expansiones es el proceso encargado de realizar las obras o estar al tanto de las instalaciones de nuevas luminarias que serán ingresadas a la base de datos, todo esto bajo la autorización de la UAESP.

Generalmente son nuevas instalaciones en obras de la ciudad, en puntos identificados de ausencia de iluminación, o traslados de infraestructura que se requieran.

El proceso de Modernización y Expansiones está ligado plenamente al de diseño, dependiendo de este por exigencia de la UAESP, ya que esta solicita que todo proyecto realizado cuente con certificación RETILAP, para lo anterior, se debe garantizar que los cálculos de diseño fotométrico estén dentro de la reglamentación.

Base de Datos

En alumbrado público de Enel Codensa es necesario tener un equipo de base de datos, ya que todas las estructuras o elementos a utilizar tanto para el diseño como para la ejecución de los proyectos deben estar registradas, permitiendo también conocer con que materiales se cuenta para poder diseñar y ejecutar a la vez.

En base de datos se puede obtener cualquier tipo de información acerca de la infraestructura del sistema de alumbrado público existente, como de tipos de postes y su respectiva altura, tipos de luminarias y su potencia, rótulos, etc. Esto sirve tanto en el momento que se diseña como en el momento en que se ejecuta o moderniza una obra de alumbrado público.

El proceso de base de datos requiere la constante actualización del sistema y con ello realizar una serie de informes que representen el estado actual del AP en Bogotá. Algunos de los informes por realizar mensualmente son:

- Informe UAESP

- Informe infraestructura propiedad del distrito (Nivel 0)
- Informe cálculo de infraestructura para el cálculo de tarifa anual
- Informe red modernizada para el cálculo de tarifa anual
- Conteo tarifa arriendo y mantenimiento revisión mensual total
- Comparativo datos fuente (infraestructura informe UAESP)
- Consolidado de luminarias
- Inventario luminarias
- Proyección de luminarias

A parte de esto se realiza el análisis y se brindan las respuestas a todas las comunicaciones que correspondan a los Inventarios de Alumbrado Público, No conformidades potenciales y reales que emiten las interventorías o clientes, los muestreos en terreno o las inconsistencias que resulten de los recorridos que ellos realizan en terreno.

Certificación y Materiales

Luego de que los proyectos de AP hayan pasado por todos los procesos de del área de I&O, cumpliendo con la reglamentación solicitada y aprobados por los clientes, comienza un proceso de certificación desarrollando los siguientes pasos:

- Se realiza la solicitud de documentación de los proyectos ejecutados.
- Revisión documental de diseño fotométrico aprobado vs ejecutado y verificar si presentan desviaciones.
- Se clasifica el proyecto entregado por ejecución para determinar el alcancé si aplica la certificación RETILAP o se radica al cliente.
- Se realiza la radicación del proyecto con toda la documentación ante el cliente.
- Realizar la documentación técnica que contenga las memorias de cálculo e información detallada del proyecto que permita soportar técnicamente el cumplimiento regulatorio del proyecto.
- Entrega formal del proyecto con toda la documentación al ente certificador para su revisión y verificación.
- Si es necesario, se realiza las mediciones de Luminancia o Iluminancia de los proyectos para verificar el cumplimiento regulatorio del proyecto y se contrasta con la documentación entregada. Se reportan No Conformidades documentales y/o en terreno de la instalación.

- Se procede al cierre de las No Conformidades reportadas por el ente certificador, tanto documentales como en terreno.
- Una vez el proyecto cumpla con todos los lineamientos de la normatividad vigente, el Ente Certificador procede a emitir el certificado RETILAP.

Aparte de seguir la metodología para certificar los proyectos de AP esta subdivisión del área es también la encargada del control de bodegas para AP de Enel Codensa, control de material, generación de reservas de material y el respectivo control de inventario.

Restablecimiento

Esta área se encarga de la gestión de atención de emergencias y restablecimiento del servicio, producto de daños o averías en las redes e infraestructura del sistema de Alumbrado Público en la zona de influencia de Codensa, garantizando una solución oportuna de las fallas y la ejecución de las actividades bajo las condiciones de calidad y seguridad requeridas.

Lo anterior se logra haciendo un estudio continuo de la red a través del centro de monitoreo de alumbrado público encargado de centralizar, analizar y gestionar toda la información tanto interna como externa perteneciente al proceso de restablecimiento de AP.

Dentro de sus funciones se encuentran, el envío de las órdenes de trabajo a la empresa colaboradora, la generación de las órdenes reportadas por la interventoría de la UAESP, la revisión de las órdenes enviadas por Fonoservicio y el control de calidad de la información de entrada al proceso, validando que se encuentre completa y tenga coherencia.

Adicionalmente, realiza el control de calidad de la información que sale del proceso, revisión y validación de las tipificaciones de cierre de órdenes, validación de coherencia de los horarios de atención de las solicitudes, garantizando la traza de cada orden atendida y el seguimiento a órdenes con desviación de tiempos o no atendidas a tiempo.

El funcionamiento de este proceso está basado en los reportes que se presentan a diario en la compañía por el servicio de alumbrado público.

- Recepción de incidencias
 - Recepción y verificación de la calidad de la información, de las incidencias reportadas por los canales Fonoservicio, correspondencia y otras áreas.
 - Devolución, anulación y seguimiento de las Incidencias con información inconsistente.
- Generación de las fallas reportadas por la interventoría de la UAESP
 - Verificar, corregir y completar la información recibida en los reportes de la interventoría de la UAESP. A partir de esto, se procede a generar las incidencias por medio de la herramienta para generación masiva de incidencias.

- Generación de las fallas reportadas por la interventoría Interna de CODENSA
 - Verificar, corregir y completar la información recibida en los reportes de la interventoría interna de CODENSA. A partir de esto, se procede a generar las incidencias por medio de la herramienta para generación masiva de incidencias. Se realiza una vez al día.
- Generación de las fallas reportadas por otras áreas y canales internos
 - Recibir, verificar, corregir y completar la información de los reportes de otras áreas de CODENSA tales como, atención Emergencias MTBT, correspondencia, atención a comunidades, control pérdidas, la línea soy compañía y las reportadas por el proceso de Alumbrado Público.

Como se puede identificar cada área depende una de la otra y en conjunto, el correcto funcionamiento de cada área en esta estructura organizativa garantiza un excelente servicio de alumbrado público y de avance o desarrollo para la ciudad de Bogotá y con ella el país.

2.3 Capacitación RETIE y RETILAP

Adentrarse en el mundo del diseño del Alumbrado Público, requiere tener en cuenta la normatividad que hace, que cada diseño, infraestructura y construcción eléctrica proporcionen las mejores condiciones con la mejor calidad para el usuario o sociedad. Estas normas contienen estándares, medidas y series de pasos que pueden ser consideradas como un tipo de guía para realizar cualquier trabajo eléctrico y deben ser utilizadas, ya que al no seguir estrictamente con sus instrucciones o especificaciones, se estaría incumpliendo con la ley, por lo cual, cualquier trabajo podría concluir en un delito.

Cada proyecto realizado por cualquier entidad debe tener una certificación RETIE o RETILAP para poder entrar en funcionamiento, debido a que el RETIE garantiza la seguridad de las personas, de la vida animal, vegetal y de la preservación del medio ambiente, y el RETILAP garantiza los niveles y seguridad de la energía lumínica requerida, la seguridad en el abastecimiento energético y la protección al consumidor.[5]

Es por lo anterior que antes de empezar a realizar un trabajo de diseño es necesario leer cada una de estas normas con mucho detalle y siendo minucioso.

2.3.1 RETIE

El Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas, cuyo objeto principal es la seguridad, por tal razón todos los equipos e instalaciones que hacen parte del sistema de AP deben certificarse bajo los parámetros de dicho reglamento y no de RETILAP, encargándose de especificar una correcta instalación y montaje eléctrico.

Las obras de alumbrado público deben contar con certificación RETIE por motivos de protección a la ciudadanía en términos de instalación eléctrica, es decir, todas las luminarias destinadas a AP deben tener un aterrizaje correcto y con las adecuadas especificaciones presentes en este reglamento.

Como complemento a la certificación RETILAP, la reglamentación con RETIE es un requisito individual para cada sistema de alumbrado público.

2.3.2 RETILAP

La normativa enfocada hacia el alumbrado público y de la cual se obtiene la mayoría de información para iluminar los espacios públicos de manera correcta es el RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público). Esta norma resulta de mucha ayuda en el momento de realizar los diseños luminotécnicos por la clasificación y niveles requeridos para cada espacio a iluminar como vías vehiculares, vías para peatones o ciclistas, áreas críticas, etc.

A continuación se muestra el detalle y clasificación de los diferentes tipos de vías y zonas a iluminar por parte del alumbrado público.

Vías Vehiculares

Los criterios que se deben tener en cuenta para asignar una clasificación de iluminación están asociados a las características de las vías, siendo las principales: la velocidad de circulación y el número de vehículos.[6]

Estas características se asocian a clases de iluminación por medio de rangos ya establecidos en el RETILAP, los cuales se muestran en la Tabla 1 de este documento.

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Tabla 510.1.1 a. Clases de iluminación para vías vehiculares.

Tabla 1. Clases de iluminación para vías vehiculares.[6]

En el mismo sentido, de acuerdo con las condiciones de control de tráfico y de existencia de separación de diferentes usuarios en la vía, también podrá usarse una clase de iluminación diferente. Las condiciones para disponer de dos clases de iluminación en una vía o su cambio como criterio inicial de diseño se establecen en la Tabla 2.

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación⁽¹⁾:	
Alta $T > 1000$ (Veh./h)	M1
Media $500 < T < 1000$ (Veh. /h)	M2
Baja $T < 500$ (Veh. /h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico⁽²⁾ y separación⁽³⁾ de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales, Vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M4
Bueno	M5

Tabla 510. 1.1 b. variación en las Clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico

Tabla 2. variación en las Clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico.[6]

Vías para tráfico peatonal y ciclistas

La iluminación de estas áreas debe garantizar que los peatones y ciclistas puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de bordillos, escalones marcas y señales; adicionalmente debe ayudar a evitar agresiones al transitar por estas vías.

La clasificación de las vías que existen en áreas peatonales y de ciclistas se da en la Tabla 3 de este documento.

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Tabla 510.1.2. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas

Tabla 3. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas.[6]

Requisitos de iluminación para áreas críticas

La Tabla 4 establece los requisitos fotométricos para las denominadas áreas críticas.

Clase de iluminación	Iluminancia Mínima Mantenido (luxes) (Sobre toda la superficie)	Uniformidad general $U_o \geq$ (%)
C0	50	40
C1	30	40
C2	20	40
C3	15	40
C4	10	40
C5	7.5	40

Tabla 510.2.3 a. Requisitos fotométricos para áreas críticas

Tabla 4. Requisitos fotométricos para áreas críticas.[6]

En áreas críticas que pertenezcan a vías vehiculares se deberán aplicar los criterios y clases de iluminación según la Tabla 5.

Área crítica		Clase de iluminación del área crítica(C) según clase de la vía a la que pertenece (M)
Pasos subterráneos		C(N) = M(N)
Intersecciones, cruces, rampas, puentes, entradas a divergencias o convergencias, áreas con ancho de carriles restringidos		C(N) si M(N)
Cruces ferroviarios	Simple	C(N) si M(N)
	Complejos	C(N-1) si M(N)
Glorietas sin señalización	Grandes	C1
	Medianas	C2
	Pequeñas	C3
Área vehicular en fila de espera (p.ej. Aeropuertos, terminales de transporte, entre otros)	Grandes	C1
	Medianas	C3
	Pequeñas	C5
TÚNELES		seguir recomendaciones de la norma CIE 88

Tabla 510. 2. 3 b. Clases de iluminación en áreas críticas de vías vehiculares.

Tabla 5. Clases de iluminación en áreas críticas de vías vehiculares.[6]

2.4 Manejo de Herramientas de Diseño

Para el desarrollo del proyecto de modernización de la ciudad de Bogotá, el área de diseño debe contar con herramientas adecuadas para poder realizar cada diseño solicitado de la mejor manera, estas herramientas son softwares que facilitan el trabajo y hacen que los resultados sean más precisos y cumplan con la normatividad del RETILAP.

Los softwares manejados con mayor frecuencia son:

- ✓ AutoCAD
- ✓ DIALux
- ✓ Ulysse

Para comenzar con el manejo de estos softwares, se hace necesario una inducción específica dependiendo el propósito por el cual se va a utilizar la herramienta, ya que estos tienen muchos comandos u opciones y formas de utilizarlos.

Se comienza familiarizándose con la interfaz de cada software e indagando la funcionalidad de opciones o comandos específicos dentro de estos para su fin de uso. Es necesario tener el acompañamiento de una persona capacitada que pueda explicar de forma técnica las razones por las que se debe utilizar de una u otra forma cada software, pero depende del diseñador la manera en que use cada software, si se hace difícil o no; el objetivo es realizar un diseño adecuado.

2.4.1 Capacitación de Trámites ante Operador de Red y Organismos de Control (UAESP)

Para los procesos que conlleva el Alumbrado Público de Enel Codensa se deben cumplir una serie de trámites ante los organismos de control como la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), ente que aprueba o desaprueba los diseños realizados y encargado como su nombre lo indica de los servicios públicos de la ciudad de Bogotá. Los trámites a realizar son, primero cumplir con la normatividad y con el correcto diseño de cada proyecto, luego de ser aprobado se debe certificar subiendo los documentos legales requeridos a la plataforma VUC con cantidades, ahorro energético y medidas de diseño correctas.

Este proceso con la UAESP es repetitivo y debe hacerse para cualquier proyecto sin importar el grado de importancia o tamaño del mismo.

2.4.2 Diseño Guiado de Proyectos de AP

Los proyectos de modernización de Alumbrado Público para la ciudad de Bogotá son:

- ✓ Parques
- ✓ Vías secundarias
- ✓ Vías principales
- ✓ Sectores

Para cada tipo de proyecto es necesario una guía para cumplir con las especificaciones tanto de la normatividad como de los entes regulatorios, en este caso la UAESP. Explicando el paso a paso para cada tipo de proyecto, ya que no se diseñan de la misma manera y los niveles de iluminación, uniformidad, deslumbramiento, etc. Son diferentes.

3. Estado del Arte en Tipos de Iluminación en la Ciudad de Bogotá

La historia de las fuentes de iluminación data de miles de años atrás, en donde herramientas primitivas como la llama prendida en una antorcha, hacían de esta una herramienta útil para espantar los animales nocturnos o emprender caminos de conquista hacia nuevas civilizaciones. Sin olvidar las fuentes de luz provistas por aceite o gasolina, que fueron la base de grandes revoluciones, una de las mejores invenciones después de haberse creado la energía eléctrica fue la bombilla incandescente, creada por Thomas Alva Edison que después de mil intentos realizó el primer prototipo de bombilla con una duración de 48 horas. Desde ese entonces pasar de bombillas que funcionaban con aceite o gasolina a bombillas que funcionaban con electricidad, enmarcó el gran comienzo hacia tecnologías o fuentes de iluminación más eficientes.[7]

En la ciudad de Bogotá en su mayoría el alumbrado público cuenta con dos tecnologías de luminarias, Sodio y Halogenuro, de las cuales se puede decir que tienen una buena eficiencia a comparación de tecnologías pasadas, pero puede llegar a ser menos eficiente para AP e iluminación comercial, por ejemplo su gran tamaño y muy baja reproducción de color hace que afecte la visibilidad de las personas y produzca daños visuales graves.

La eficiencia puede determinarse como todo aquello que baja con relación a un patrón constante; está íntimamente relacionado con los elementos requeridos (productos) y a él se asocian las pérdidas. En el caso de la iluminación un ejemplo se toma con la relación Lm (lúmenes)/ W (watts), en el que se busca mantener el flujo luminoso (Lm) disminuyendo la potencia. [8]

La situación de la ciudad de Bogotá en torno al alumbrado público, se caracteriza por el notable déficit en la calidad de las actividades de iluminación, entendiendo las mismas como deficiencias de consideración en la infraestructura del sistema de alumbrado público urbano y rural, inadecuado funcionamiento y cumplimiento de las disposiciones legales exigibles en RETILAP y RETIE, deficiente calidad de la iluminación de algunos sectores constituyéndose una amenaza a la seguridad para el desplazamiento nocturno de los peatones y visibilidad a los conductores de vehículos e insana coexistencia con el medio ambiente.

El diagnóstico de la prestación del servicio de alumbrado público en la ciudad, concentrado en el análisis de las exigencias normativas sobre el particular de normas de iluminación pública –RETILAP, y cumplimiento de las demás disposiciones legales y técnicas, resulta en la identificación de falencias en algunas zonas, por motivos de infraestructura y tecnología antigua, en: Flujo luminoso, equidistancia, altura de los postes, grado de uniformidad, coeficientes de utilización, condiciones de estética, interacción con el medio ambiente, actividades de operación y mantenimiento, entre otras.

Por lo anterior es de gran importancia que los espacios comunes o zonas públicas este correctamente iluminadas, evitando una larga lista de inconvenientes; para esto es necesario utilizar infraestructura e iluminación de buena calidad.

La tecnología LED ha demostrado tener una mejor eficacia en los últimos tiempos, constituyendo una tecnología avanzada y novedosa, cuyo punto más destacable respecto a cualquier otro tipo de tecnología de iluminación es la eficiencia luminosa, que actualmente se sitúa entre 100-130 Lm/W siendo la previsión alcanzar en los próximos años los 150Lm/W. por ello, los dispositivos de iluminación basados en esta tecnología favorecen el ahorro y eficiencia energética contribuyendo así a la consecución del objetivo del horizonte 2020.

Cabe destacar también la elevada vida útil de las lámparas LED, lo que unido al bajo consumo de energía eléctrica permiten un retorno de la inversión en un periodo de tiempo muy reducido, sobre todo el en sector terciario e industrial.

Otros puntos importantes de la tecnología LED son la ausencia de radiaciones ultravioletas e infrarrojas, la escasa generación de calor, el encendido instantáneo, la buena reproducción del color y la posibilidad de regulación de la luz que permite una gestión total de la instalación del alumbrado.[9]

Por motivos como los anteriores se lleva a cabo la modernización de las luminarias en su totalidad en la ciudad de Bogotá, siendo un objetivo retador pero con muchos beneficios para la comunidad, la empresa y el país en general, ya que se incentiva a las demás ciudades del país a generar el cambio y por ende a un mejoramiento conjunto del país.

3.1 Fuentes de Iluminación Utilizadas en Bogotá

En la actualidad existen tres fuentes de iluminación, tales como:

- ✓ Sodio
- ✓ Halogenuro (MH)
- ✓ Led

Siendo Sodio la de mayor cantidad y así sucesivamente. Esta última (Led), entra en la lista debido al proceso de modernización en la que está sometida la ciudad.

Para Enel Codensa, existen una serie de especificaciones técnicas que debe cumplir el material u objeto que haga parte del montaje de la estructura del alumbrado público en la ciudad de Bogotá; dejando en claro cuáles son las exigencias para que las empresas

proveedoras de cada uno de estos materiales y así en conjunto ofrecer un servicio de la mejor calidad.

Para anteceder a los requerimientos técnicos de estas bombillas, se presentan a continuación una serie de conceptos básicos para tener en cuenta:

“

Bombilla de descarga

Bombilla que produce luz gracias a una descarga eléctrica a través de una mezcla de diversos gases, realizado dentro de un tubo de atmósfera controlada.

Cromaticidad

Calidad de color de un estímulo de color. Se puede definir mediante sus coordenadas de cromaticidad o por su longitud de onda dominante o complementaria y su pureza, tratadas como conjunto.

Curva de Mortalidad o de Vida Promedio de las Bombillas:

Las bombillas tienen una duración, o vida promedio, expresada en horas de operación. El fabricante informa sobre la duración de cada tipo de bombilla, publicando la curva de mortalidad correspondiente, o indicando el índice de bombillas sobrevivientes.

En este tipo de curva puede determinarse el porcentaje de bombillas que siguen en operación después de un determinado número de horas de servicio. Con base en esta misma se puede calcular la probabilidad de falla en cada uno de los años de funcionamiento de una instalación de alumbrado y hacer los estimativos de reposición de bombillas por mantenimiento.

La duración real en servicio de una bombilla depende en gran parte de las condiciones de operación, debido a que el deterioro de los electrodos es más severo durante el período de arranque, por tanto cuando el ciclo de encendido es continuo la duración es mayor que en ciclos intermitentes. La vida de la bombilla también es afectada por diversas condiciones de funcionamiento, tales como la temperatura ambiente excesivamente alta y tensión de aislamiento y en el caso de las bombillas de descarga en gas, el diseño del balasto.

Depreciación

Es la disminución gradual de la emisión luminosa de las bombillas en el transcurso de sus horas de vida.

Depreciación de Bombillas de Sodio Alta Presión

El tiempo de encendido por arranque, afecta la vida útil de la bombilla de alta presión. Algunas, independientemente de la posición de operación, mantienen su eficacia y permiten con un solo tipo de bombilla, lograr múltiples aplicaciones. Un excesivo incremento en el voltaje causaría una reducción en la vida de la bombilla.

Las bombillas de sodio, como característica, tienen una larga vida promedio, superior a las otras fuentes de alta intensidad de descarga, más aún cuando se dispone en el mercado de bombillas de sodio alta presión con doble tubo de arco, que garantizan una duración entre 40.000 y 55.000 horas, además de ofrecer encendido inmediato luego de un corte de corriente.

Flujo luminoso nominal

Es el valor del flujo emitido por una fuente, a las 100 horas de funcionamiento en condiciones normales de utilización.

Factor de Conservación del Flujo Luminoso

Es la depreciación lumínica que sufre la bombilla a causa del envejecimiento. Este factor se debe tener en cuenta cuando se realizan cálculos de alumbrado en general y depende del tipo de fuente luminosa utilizada.

Para el diseño de iluminación y alumbrado público los cálculos se deben hacer tomando el valor de flujo luminoso nominal de las fuentes. El diseñador deberá considerar los factores y características de mantenimiento del flujo luminoso, a lo largo de la vida de la fuente. Una vez conocida la vida económica o tiempo para la reposición de las bombillas, con base en el estudio económico de los costos asociados como son bombilla, consumo de energía y mano de obra para el cambio y mantenimiento, se obtiene de las curvas de depreciación lumínica el valor de los lúmenes como un porcentaje de los lúmenes iniciales. Este valor es lo que se denomina “Factor de conservación del flujo luminoso de la bombilla”.

Iluminancia

Cantidad de luz que llega a un plano determinado. Se mide en luxes.

Índice de rendimiento del color

Capacidad de una bombilla para reproducir los colores verdaderos de los objetos que ilumina.

Luminancia

Cantidad de luz reflejada por una superficie en todas direcciones, se mide en candela por metro cuadrado (Cd/m²).

Luz

Radiación capaz de causar sensación visual directa, la cual para ser percibida requiere de 3 elementos: una fuente de luz (natural o artificial), un elemento que refleje la luz y la percepción visual.

Temperatura del color

Se refiere a la tonalidad de la luz que genera la fuente luminosa, se mide en grados Kelvin.”[10]

3.1.1 Fuentes de Sodio 70 a 400 W para AP

Son una de las fuentes de iluminación más eficientes, ya que proporcionan gran cantidad de lúmenes por vatio. El color de la luz que producen es amarillo brillante. Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.[11]

3.1.1.1 Requerimientos Técnicos Particulares

“La bombilla de sodio debe estar conformada por dos bulbos, uno exterior a manera de cubierta y otro interior denominado tubo de arco o tubo de descarga.

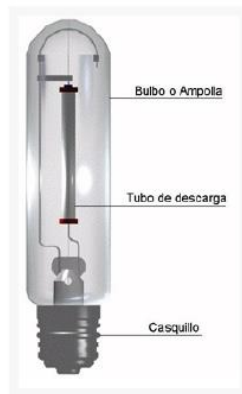


Figura 2. Bombilla de sodio HID.

Las funciones del bulbo exterior son:

- ✓ Proteger el tubo de arco contra el deterioro y la corrosión de la parte metálica.
- ✓ Regular la temperatura de funcionamiento del tubo de arco.

Para el tubo de arco, su función es la de producir la luz gracias a una descarga eléctrica a través de una mezcla de diversos gases, entre los dos electrodos principales del tubo.

Otras características:

- ✓ Deben ser operadas con un balasto, ya que éste es requerido para poder limitar la corriente y proporcionar tensiones adecuadas en condiciones de arranque y operación.
- ✓ El tiempo de encendido completo de la bombilla oscila entre 3 y 4 minutos.
- ✓ Las bombillas de sodio HID son de amplia utilización en la iluminación de autopistas y carreteras de alto tráfico, zonas céntricas, peatonales y plazas.”[10]

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
ITEM	CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR EXIGIDO		
1	Potencia nominal	[W]	70		
2	Tensión en los terminales de la bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			90	105	75
3	Tensión de extinción de la Bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			105		
4	Incremento de tensión máximo en los terminales de la bombilla	[V]	5		
5	Corriente de la Bombilla (r.m.s)	[A]	0,98		
6	Bulbo (Forma / Tipo)	—	Tubular / Claro		
7	Posición operación	—	Universal		
8	Base o casquillo	—	E-27		
9	Tensión de ensayo para estabilización "calentamiento"	[V]	198		
10	Tiempo máximo requerido para alcanzar 50 V mínimo en los terminales de la bombilla	minutos	7		
11	Correlación de la temperatura del color	[°K]	2 100		
12	Coordenadas de la cromaticidad x / y	—	0,519 / 0,4180		
13	Índice del rendimiento del color	—	21 – Clase 4		
14	Eficacia mínima	[Lm/W]	93		
15	Luminancia promedio	cd/cm ²	>= 400		
16	Flujo luminoso 100 horas	[Lm]	>= 6 500		
17	Vida promedio	horas	24 000		

Tabla 6. Bombilla de Vapor de Sodio a Alta Presión 70 W.[10]

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
ITEM	CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR EXIGIDO		
1	Potencia nominal	[W]	100		
2	Tensión en los terminales de la bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			100	115	85
3	Tensión de extinción de la Bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			120		
4	Incremento de tensión máximo en los terminales de la bombilla	[V]	7		
5	Corriente de la Bombilla (r.m.s)	[A]	1,2		
6	Bulbo (Forma / Tipo)	—	Tubular / Claro		
7	Posición operación	—	Universal		
8	Base o casquillo	—	E-40		
9	Tensión de ensayo para estabilización "calentamiento"	[V]	198		
10	Tiempo máximo requerido para alcanzar 50 V mínimo en los terminales de la bombilla	minutos	5		
11	Correlación de la temperatura del color	[°K]	2 000		
12	Coordenadas de la cromaticidad x / y	—	0,534 / 0,431		
13	Índice del rendimiento del color	—	25 – Clase 4		
14	Eficacia mínima	[Lm/W]	100		
15	Luminancia promedio	cd/cm ²	≥ 470		
16	Flujo luminoso 100 horas	[Lm]	≥ 10 000		
17	Vida promedio	horas	24 000		
18	Dimensiones	Longitud L	211 mm máx		
		Longitud A	40 mm		
		Longitud C	Min 127/137 máx		
		D	48 mm máx		

Tabla 7. Bombilla de Vapor de Sodio a Alta Presión 100 W.[10]

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
ITEM	CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR EXIGIDO		
1	Potencia nominal	[W]	150		
2	Tensión en los terminales de la bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			100	115	85
3	Tensión de extinción de la Bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			116		
4	Incremento de tensión máximo en los terminales de la bombilla	[V]	7		
5	Corriente de la Bombilla (r.m.s)	[A]	1,8		
6	Bulbo (Forma / Tipo)	—	Tubular / Claro		
7	Posición operación	—	Universal		
8	Base o casquillo	—	E-40		
9	Tensión de ensayo para estabilización "calentamiento"	[V]	198		
10	Tiempo máximo requerido para alcanzar 50 V mínimo en los terminales de la bombilla	minutos	7		
11	Correlación de la temperatura del color	[°K]	2 100		
12	Coordenadas de la cromaticidad x / y	—	0,519 / 0,4180		
13	Índice del rendimiento del color	—	21 – Clase 4		
14	Eficacia mínima	[Lm/W]	117		
15	Luminancia promedio	cd/cm ²	>= 350		
16	Flujo luminoso 100 horas	[Lm]	>= 17 500		
17	Vida promedio	horas	24 000		

Tabla 8. Bombilla de Vapor de Sodio a Alta Presión 150 W.[10]

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
ITEM	CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR EXIGIDO		
1	Potencia nominal	[W]	250		
2	Tensión en los terminales de la bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			100	115	85
3	Tensión de extinción de la Bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			120		
4	Incremento de tensión máximo en los terminales de la bombilla	[V]	10		
5	Corriente de la Bombilla(r.m.s)	[A]	2,95		
6	Bulbo (Forma / Tipo)	—	Tubular / Claro		
7	Posición operación	—	Universal		
8	Base o casquillo	—	E-40		
9	Tensión de ensayo para estabilización "calentamiento"	[V]	198		
10	Tiempo máximo requerido para alcanzar 50 V mínimo en los terminales de la bombilla	minutos	7		
11	Correlación de la temperatura del color	[°K]	2 100		
12	Coordenadas de la cromaticidad x / y	—	0,519 / 0,4180		
13	Índice del rendimiento del color	—	21 – Clase 4		
14	Eficacia mínima	[Lm/W]	132		
15	Luminancia promedio	cd/cm ²	>= 500		
16	Flujo luminoso 100 horas	[Lm]	>= 33 000		
17	Vida promedio	horas	24 000		

Tabla 9. Bombilla de Vapor de Sodio a Alta Presión 250 W.[10]

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
ITEM	CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR EXIGIDO		
1	Potencia nominal	[W]	400		
2	Tensión en los terminales de la bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			100	115	85
3	Tensión de extinción de la Bombilla (r.m.s)	[V]	Objetivo	Máximo	Mínimo
			125		
4	Incremento de tensión máximo en los terminales de la bombilla	[V]	12		
5	Corriente de la Bombilla (r.m.s)	[A]	4,5		
6	Bulbo (Forma / Tipo)	—	Tubular / Claro		
7	Posición operación	—	Universal		
8	Base o casquillo	—	E-40		
9	Tensión de ensayo para estabilización "calentamiento"	[V]	198		
10	Tiempo máximo requerido para alcanzar 50 V mínimo en los terminales de la bombilla	minutos	7		
11	Correlación de la temperatura del color	[°K]	2 100		
12	Coordenadas de la cromaticidad x / y	—	0,519 / 0,4180		
13	Índice del rendimiento del color	—	21 – Clase 4		
14	Eficacia mínima	[Lm/W]	137		
15	Luminancia promedio	cd/cm ²	>= 600		
16	Flujo luminoso 100 horas	[Lm]	>= 55 000		
17	Vida promedio	horas	24 000		

Tabla 10. Bombilla de Vapor de Sodio a Alta Presión 400 W.[10]

3.1.2 Fuentes de Halogenuro 70 a 400 W para AP

Las lámparas de halogenuros metálicos es otra variedad de las lámparas de vapor de mercurio. En el interior del tubo de descarga se añaden aditivos metálicos para potenciar determinadas zonas de espectro visible de modo que aumenta su rendimiento, tanto luminoso como de color. La composición espectral de estas lámparas es muy completa y se puede adaptar a las necesidades del usuario porque depende de la composición de los metales añadidos.[12]

Las fuentes Halógenas recientemente han aumentado su eficiencia llegando a 35 Lm/W y posicionándose todavía en el mercado de la iluminación.[7]

3.1.2.1 Requerimientos Técnicos Particulares

“

- ✓ Para el suministro de bombillas de Halogenuros metálicos, CODENSA S.A. acepta únicamente las del tipo quemador cerámico.
- ✓ El balasto para todos los casos debe ser del tipo electrónico, con frecuencia entre 400 Hz y 1000 Hz y distorsión total armónica de corriente (THDI = 15%) con factor de potencia mínimo de 0,9.
- ✓ El factor de cresta para bombillas de halogenuros metálicos debe ser menor de 1,8.
- ✓ La posición de encendido de la bombilla debe ser universal.
- ✓ Se aceptan únicamente bombillas con casquillo o base según la potencia: tipo E-27 para 70W y E-40 para 150W, 250W y 400 W.
- ✓ Temperatura del color: mayor o igual a blanco – cálido (mayor o igual a 2800 K)
- ✓ IRC > 70%
- ✓ Eficacia >90 lm/W

Para efectos de retrofit se aceptan bombillas del tipo tubular y cumplan con las características técnicas de esta especificación y su uso sea con balasto electrónico de Na.

Las características eléctricas requeridas por CODENSA S.A. de las bombillas Metal Halide, los balastos y sus tolerancias admitidas son las siguientes:

BOMBILLA	70 W MH	150 W MH	250 W MH	400 W MH
Corriente [A]	1	1,8	3	4
Tensión [V]	100 ± 10			
Flujo [Lm]	> ó = 6800	> ó = 16000	> ó = 25000	> ó = 30.000
Tipo de Bombilla	E27	E40	E40	E40
BALASTO	Electrónico	Electrónico	Electrónico	Electrónico
Variación máxima de potencia de la bombilla para variaciones de ±15% de la tensión nominal de conexión	1%	1%	1%	1%
Perdidas máximas	7	15	25	35
Pulso de arranque	3,5 - 5,0 kVp	4.0 / 5.0 kVp	4.0 / 5.0 kVp	4.0 / 5.0 kVp

Los valores de referencia indicados en la tabla corresponden a los rangos de bombillas disponibles en el mercado para esta tecnología.”[13]

3.1.3 Fuentes LED para el AP

En comparación con fuentes de luz tradicionales, la eficacia luminosa de los LED blancos ya ha superado a la mayoría de las tecnologías tradicionales, y su potencia todavía es inferior. La rápida evolución y desarrollo de la eficacia luminosa de la tecnología LED de alta potencia, permitirá, en ciertas aplicaciones, la sustitución de fuentes de luz convencionales.

En Colombia no existe aún mantenimiento masivo para este tipo de luminarias, ya que su vida útil es de 100.000 horas o 23 años y estas se empezaron a instalar en Colombia en el año 2014.

3.1.3.1 Ventajas

“Comparados con las fuentes de luz convencionales, la tecnología LED presenta numerosas ventajas, entre las que podemos destacar:

- ✓ Tamaño reducido: tamaño reducido, de pocos milímetros, ajustándose así a una multitud de aplicaciones.

- ✓ Alta resistencia contra golpes: alta resistencia a vibraciones e impactos, ofreciendo mayor fiabilidad que las lámparas convencionales por no haber fallos en los filamentos.
- ✓ Larga duración: larga vida útil, entre 50.000 y 100.000 horas respetando las condiciones recomendadas de funcionamiento.
- ✓ Bajo consumo: bajo consumo, ahorrando energía por la poca potencia instalada.
- ✓ Alta eficiencia en colores: elevada saturación de color, por lo que no se necesitan filtros de color. Los LED son fuentes de luz prácticamente monocromáticas que permiten obtener una amplia gama de colores.
- ✓ No radiación UV/IR: no generan radiación ultravioleta ni infrarroja, por lo que no se deterioran los materiales expuestos a la luz del LED.
- ✓ Efectividad a bajas temperaturas: funcionamiento fiable a bajas temperaturas, hasta -30°C.

Estas ventajas propias de las propiedades y características de la tecnología LED se traducen en importantes beneficios para los usuarios, ya que:

- ✓ Ofrecen opciones de diseño creativo para soluciones innovadoras de iluminación, gracias a la variedad de colores, sus compactas dimensiones y la versatilidad de sus productos.
- ✓ Alta rentabilidad económica merced al bajo consumo energético y a la larga vida.
- ✓ Máxima seguridad debida a la fiabilidad, incluso en condiciones ambientales adversas. ”[9]

3.1.3.2 Requerimientos Técnicos Particulares

“

✓ Exigencias

Luminaria

La luminaria con LEDs se compone de:

- Conjunto Óptico
- Conjunto Eléctrico
- Carcasa

Conjunto óptico

- Los lentes para cada LED o módulo LED deben ser fabricados en materiales de alta transmitancia luminosa y que no cambien sus características físicas y químicas en el tiempo, como el polimetacrilato de metilo acrílico (PMMA) o vidrio templado de alta pureza con transmitancia superior del 90%.
- El conjunto óptico deberá ser protegido con vidrio templado de seguridad de transmitancia superior del 90% con acabado liso y mínimo de 4 mm de espesor, que asegure un IP=65 y una resistencia IK08. Este vidrio protector, no será necesario si los LED o módulos LED, vienen provistos de fábrica con vidrio liso y templado de alta pureza que asegure el IP y el IK exigidos.
- En ningún caso se aceptarán refractores prismáticos exteriores.
- El conjunto óptico y el eléctrico deben estar en compartimentos separados, compartiendo la misma carcasa.
- Cada lente o reflector que conforma el conjunto óptico debe reproducir la curva fotométrica de la luminaria.
- La luminaria debe tener un Índice de Reproducción de Color (IRC) = 70 con Temperatura de Color entre 4000 y 4500 Kelvin con máxima eficiencia.
- Para luminarias, la vida útil de los LEDs debe ser $L70 =$ de 100.000 horas obtenidas a temperatura ambiente de 35° C con IES LM 80-08 y IES TM 21.
- Eficacia mínima de la luminaria: 85 lm/W.

Conjunto eléctrico

- Tensión de alimentación: (208 V a 277V) + o - 10%
- Clase de aislamiento: Clase 2.
- Corriente máxima de operación del driver: 1050 mA
- Factor de potencia mínimo 0,9.
- THD máximo de corriente: 20%
- Puerto de entrada para operar o funcionar con sistemas de telecontrol y/o telegestión existentes en el mercado, a través de una interfaz de comunicación 0-10 Vdc o 1 -10 Vdc Analógico o DALI, que permita la integración de sistemas de telegestión.
- Todos los conductores pueden ser tipo cable o alambre.
- Receptáculo de 5 conductores acorde con la norma ANSI C136.41-2013 en la parte superior de la luminaria para instalar el fotocontrol en su defecto el dispositivo de telegestión o cualquier otro sistema de control previamente autorizado por CODENSA.

- La fuente de alimentación del módulo LED debe tener incorporado un sistema de protección contra temperatura; que cuando la temperatura de los LEDs alcance niveles definidos como críticos, la protección de la fuente de alimentación inicialmente atenúe y posteriormente apague la luminaria.
- Borneras de conexión.
- Las conexiones eléctricas en las borneras y/o tornillería que se encuentre directamente en contacto con un punto vivo, deben ser del tipo no ferroso. Además, las conexiones libres o suspendidas dentro del compartimiento eléctrico deben llevar conectores de resorte o terminales aislados.
- Los extremos de los cables deben ser estañados o incluir terminales y de suficiente capacidad para soportar las corrientes.
- Las conexiones directas a los módulos LEDs, deben ser en conductor de cobre aislado mínimo para 300 V y apto para una temperatura de 105 °C.
- Para la fijación de la fuente de alimentación se deben usar los apoyos internos en la carcasa.
- La fuente de alimentación debe poseer su protección de sobrecarga interna.
- El driver debe tener protección contra sobretensiones de picos transitorios de hasta 10 kV.
- El driver debe venir con protección contra sobretensión con DPS (Dispositivo de Protección Contra Sobretensiones) o MOV (Dispositivo de Protección Contra Sobretensiones).
- La luminaria debe tener el espacio para alojar en el interior el nodo de control o dispositivo de tele gestión.”[14]

Características Generales de las Luminarias

“Las luminarias requeridas por CODENSA S.A. ESP deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Las luminarias deben poseer la certificación de producto y RETILAP, expedida por un organismo acreditado. Dicho certificado deberá entregarse, por parte del fabricante o comercializador con todos sus anexos.
- La matriz de intensidades por cada referencia utilizada debe tener certificación expedida por un organismo acreditado. Dicho certificado deberá entregarse, por parte del fabricante o comercializador.

- El Driver debe poseer certificación del producto expedido por un organismo acreditado. Dicho certificado deberá entregarse, por parte del fabricante o comercializador.
 - El cuerpo de la luminaria no debe ser modular y debe ser tal que aloje y proteja de la intemperie a los conjuntos óptico y eléctrico, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:
 - a. Poseer un grado de protección contra el impacto mínimo de IK08, asegurando un grado de hermeticidad mínimo IP65 para el conjunto óptico y para el conjunto eléctrico mínimo IP43.
 - b. Con acabado exterior en color gris RAL 7004 o el que en su momento se autorice.
 - c. Garantice la estabilidad del color contra rayos ultravioleta en los acabados de la luminaria.
- Asegurada anti vandálicamente a través de:
- a. Tuerca fusible y tornillo pasante o varilla grafilada para el brazo soporte u otro sistema aprobado por CODENSA.
 - b. Bloqueo antigiro del fotocontrol o sistema que garantice fijación permanente a la carcasa de la luminaria.”[14]

3.2 Estado Actual de la Modernización en Bogotá

El proceso de modernización en la ciudad de Bogotá está creciendo a pasos agigantados, siendo la ciudad en el país con mayor porcentaje de su alumbrado público modernizado a tecnología led. Se puede llegar a pensar que otras grandes ciudades llevan mayor avance en este proceso, pero no se puede comparar por el porcentaje de AP modernizado, ya que siendo Bogotá la ciudad más grande del país, el porcentaje en esta no será tan grande como sí pudiera ser en ciudades como Cali, Medellín, etc.

Lo anterior quiere decir, que la modernización en la capital del país acarrea más obligaciones técnicas y metodológicas para la presentación de los proyectos y cumplimiento de la normatividad; de igual manera se presentan escenarios especiales donde se debe analizar cuidadosamente la situación y con ello tomar las respectivas acciones que más convengan o que presenten una solución. Esto hace que la ciudad se desarrolle a un ritmo constante, rompiendo barreras del subdesarrollo y dejando una huella o un ejemplo para las demás ciudades del país.

“Recientemente se modernizó el alumbrado público en zonas como la avenida El Dorado, calle 63, y parque Simón Bolívar, en donde se ubicaron cerca de 2.800 luminarias tipo LED, contempladas dentro del plan de modernización del Alumbrado Público de la Alcaldía Mayor.

El que el alumbrado público esté fuertemente relacionado con la percepción de la seguridad en las ciudades, compromete aún más a la compañía Enel Codensa, debido a que se encuentra en la búsqueda de actividades y proyectos que ayuden a mejorar la calidad de vida de los clientes. En este punto, el proyecto de modernización del alumbrado público, cobra relevancia y obliga a la compañía a dar un paso importante e imperativo para avanzar en la transformación del 100% de las luminarias en la ciudad de Bogotá.”[2]

4. Metodología Desarrollada

Para el diseño de proyectos, tanto de parques, vías secundarias o sectores y vías principales, existen una serie de pasos que sirven como guía para un fin que es la correcta presentación y realización del diseño.

En este documento se presentará de manera detallada cada paso por el cual se procede para obtener un buen diseño. Cabe aclarar que en la mayoría de las ocasiones la determinación o las decisiones a tomar son exclusivamente a consideración del diseñador, siendo el complemento más importante a la hora de diseñar. También se detallará las normas o niveles de iluminación requeridos y presentados en el RETILAP para los diferentes tipos de proyectos, su clasificación según zonas, vías y demás.

Para esto, primero se debe tener en cuenta el diagrama de flujo (mostrado en la siguiente figura) al que se ve sometido un proyecto cuando recae en el área de diseño.

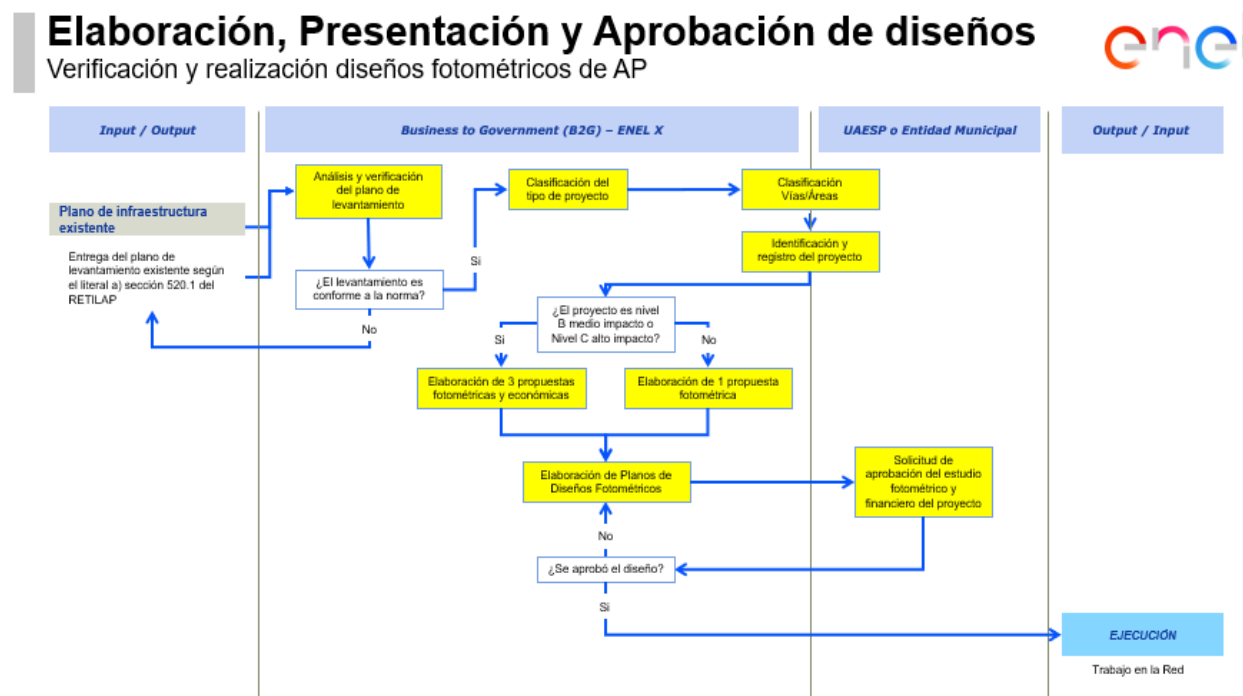


Figura 3. Diagrama estructura de diseño.

4.1 Plano de Infraestructura Existente

Cualquier proyecto, antes de ingresar al área de diseño, debe contener un plano de levantamiento muy detallado y un archivo de Excel donde resuma lo que contiene el plano. Esto debe estar dentro de una carpeta donde se pueda identificar con un código o nombre del proyecto; el plano debe contener la infraestructura de AP existente en terreno, zonas que requieran de iluminación como senderos, ciclo rutas, vías, zonas de diversión, etc. Además de esto, debe estar debidamente coordinado y escalado para que se pueda realizar un diseño adecuado y que a la hora de ser ejecutado cumpla con los niveles de iluminación dados en el momento de simulación.

A parte de contener lo anteriormente dicho, este plano debe tener unas características de presentación, es decir, una mancheta en donde se pueda identificar toda la información del proyecto, como:

- ✓ Nombre del proyecto
- ✓ Cantidad de planos
- ✓ Escala
- ✓ Cantidad, tipo y potencia de luminarias existentes
- ✓ Cantidad, tipo y altura de postes existentes
- ✓ Localización del sector en donde se planea diseñar
- ✓ Convenciones
- ✓ Fecha de levantamiento

Lo anterior con motivo de que el diseñador pueda tener a consideración todos los elementos a la hora de realizar el diseño, pueda ubicarse espacialmente en el proyecto sin necesidad de ir a terreno y esté seguro de que las medidas corresponden a las existentes, dando seguridad de que los resultados de iluminación son los adecuados para el proyecto. Pero en la práctica, la mayoría de las veces los planos de levantamiento llegan a diseño con una gran variedad de errores y en ocasiones son de tal magnitud que el diseñador se ve en la obligación de devolver el levantamiento para que lo puedan modificar de acuerdo con el literal a) sección 520.1 del RETILAP.

Por estos motivos es necesario la parte de análisis de levantamiento, dentro del proceso de elaboración, presentación y aprobación de diseños.

4.2 Análisis y Verificación del Levantamiento

Los diseñadores deben estar seguros de los levantamientos realizados para que a la hora de diseñar se agilicen los tiempos y la complejidad para obtener los resultados o niveles de iluminación requeridos sea menor. Por tal motivo surge esta sección en el proceso de diseño, donde se debe analizar cada detalle del plano existente y corregir los erros pequeños, los detalles que el diseñador crea que le pueden facilitar el trabajo a la hora de simular y realizar los cálculos.

Los ítems más importantes que un diseñador debe tener en cuenta al momento de analizar el levantamiento son los siguientes:

Ubicación, altura y material de los postes existentes

- ✓ Interdistancias
- ✓ Plano coordenado
- ✓ Cantidad de luminarias existentes
- ✓ Rótulos de luminarias
- ✓ Zonas
- ✓ Medidas
- ✓ Cantidad de postes existentes
- ✓ Brazos de las luminarias
- ✓ Potencia de cada luminaria
- ✓ Disposición de las luminarias
- ✓ Localización del proyecto
- ✓ Nombre y código del proyecto
- ✓ Escala de presentación
- ✓ Escudos
- ✓ Convenciones

Los ítems anteriores, son el contenido más importante del plano de levantamiento de cualquier proyecto y, que cualquier diseñador debe tener en cuenta para analizar y corroborar con lo existente en terreno, haciendo uso de herramientas digitales que permitan visualizar el terreno sin necesidad de estar allí. En el caso de los diseñadores del área de alumbrado público de Enel Codensa, para la ciudad de Bogotá, se utiliza la

plataforma de “mapas Bogotá” y la herramienta “Google Earth”, que son de acceso público.

Existen proyectos en los que solo se puede apoyar de una herramienta, por motivos de que el proyecto no se encuentra dentro de la ciudad de Bogotá o que la herramienta digital no permita una correcta visualización, a partir de allí, empieza a tomar valor el criterio con el cual se cuenta para realizar el diseño.

A continuación se muestra una figura donde se muestra el plano de levantamiento existente luego de ser modificado y analizado.

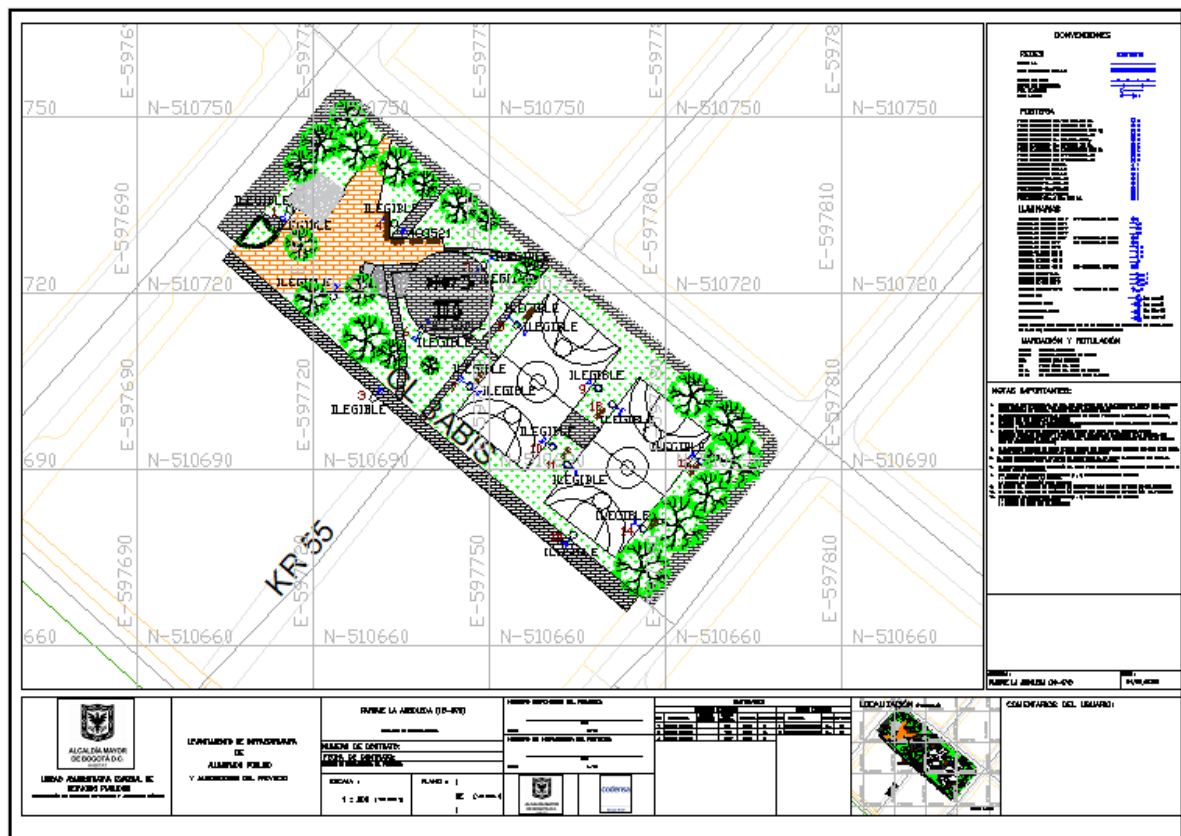


Figura 4. Plano de levantamiento luego de su análisis.

4.3 Clasificación del Tipo de Proyecto

Para proceder correctamente con el diseño, se debe clasificar por tipo de proyecto a modernizar, es decir, se debe clasificar en alguno de estos siete tipos:

✓ **Parques**

Se caracterizan por no tener construcciones uniformes, zonas de diferentes tamaños y figuras, Interdistancias variables y en la mayoría de los casos sin un patrón lógico para ubicación de los postes. Por estas razones, suele ser la clasificación que al momento de diseñar cuenta con un mayor número de dificultades para que los niveles de iluminación cumplan con el reglamento.

También es la manera de evaluar el criterio que se tiene como diseñador ya que, esta clasificación hace que se deba tener en cuenta la distribución de las luminarias, cantidad de postes, ubicación, expansiones, tipos de luminarias requeridas, etc.

✓ **Vías Principales**

Estos proyectos son los de mayor importancia para el área de AP en Enel Codensa junto con los sectores, ya que la modernización de estos resulta ser trascendental para la ciudad; en el caso de las vías por la importancia y el flujo vehicular.

Comúnmente son de grandes tramos o trayectos donde se debe prestar atención al ancho de la calzada, ancho de andenes, existencia de ciclo ruta, cantidad de carriles, altura de los postes, retroceso, etc.

✓ **Vías Secundarias**

El diseño de este tipo de proyectos es similar al de vías principales, con la diferencia de que no son vías tan importantes para la ciudad y su flujo vehicular no es mucho, debido a esto la forma de diseñar cambia en la elección de las luminarias, sus disposiciones y demás.

✓ **Sectores**

Es el tipo de proyectos masivos de modernización para la ciudad donde abarca gran parte del territorio, convirtiéndolo en una de las clasificaciones más importante sino la más importante debido al impacto que tiene sobre el Alumbrado Público de Bogotá, impulsando a mayor escala el uso de iluminación led para el país.

✓ **Arquitectónicos**

Esta clasificación corresponde a proyectos especiales en donde la solicitud o proceso para la iluminación de zonas arquitectónicas es diferente y por lo tanto la forma de diseñar la iluminación.

✓ **Zonas deportivas profesionales**

Es una más de las clasificaciones por su forma y niveles de diseño requeridos, es decir, requiere mayor potencia, proyectores de ciertas especificaciones y distribución de la iluminación sobre la zona a evaluar.

✓ **Artístico**

Al igual que los proyectos de tipo Arquitectónicos, en esta clasificación se debe hacer resaltar las características de las obras o elementos a iluminar, jugando con el tipo, la forma y el estilo de luz.

Esta clasificación de proyectos hace que el proceso se lleve con más orden, identificando fácilmente la importancia de cada uno para la completa modernización de la ciudad de Bogotá.

4.4 Clasificación de Vías o Áreas

Parte del proceso que se realiza en conjunto con la entidad de regulación UAESP para la clasificación de las vías o áreas de proyectos para la modernización en la ciudad de Bogotá, es decir, designar clases de iluminación y demás parámetros reglamentarios a cada tipo vía, áreas críticas de vías vehiculares y vías con tráfico peatonal según las tablas del RETILAP descritas en el numeral **1.5.3.2** de este documento, para saber qué niveles de Luxes, Uniformidad y demás parámetros necesitan estas zonas, con el objetivo de obtener un correcto cumplimiento de la norma.

De acuerdo con los tipos de vías, parques o zonas comunes, los sistemas de alumbrado público se deben diseñar y construir con los valores fotométricos de las tablas 11 y 12. El diseño de iluminación debe considerar no solamente las calzadas vehiculares, sino las ciclo rutas y los andenes adyacentes, como componente del espacio público.

Lprom es la luminancia promedio mínima mantenida. Lo es la uniformidad general. U1 es la uniformidad longitudinal, TI es la restricción del deslumbramiento, Eprom es la Iluminancia promedio y N.R. No requerido.

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-rutas adyacentes		Relación de alrededores		
							En andenes adyacentes	Alrededor sin andenes	
CLASE DE ILUMINACIÓN	L_{prom}	U_o	U_l	TI	E_{prom}	U_o	E_{prom}	U_o	SR
	cd/m ²	≥ %	≥ %	≤ %	luxes	≥ %	luxes	≥ %	%
M1	2,0	40	50	10	20	40	13	33	50
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33	50
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33	50
M4	0,8	40	N.R.	15	10	40	6	33	N.R.
M5	0,6	40	N.R.	15	7.5	40	5	33	N.R.

Tabla 510.3 a. Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclorutas y andenes adyacentes

Tabla 11. Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y andenes adyacentes.[6]

Clasificación	Clase de iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general $U_o \geq \%$
Canchas múltiples recreativas	C0	50	40
Plazas y plazoletas	C1	30	33
Pasos peatonales subterráneos	C1	30	33
Puentes peatonales	C2	20	33
Zonas peatonales bajas y aledañas a puentes peatonales y vehiculares	C2	20	33
Andenes, senderos, paseos y alamedas peatonales en parques	C3	15	33
Ciclo-rutas en parques	C2	20	40
Ciclo-rutas, senderos, paseos, alamedas y demás áreas peatonales adyacentes a rondas de ríos, quebradas, humedales, canales y demás áreas distantes de vías vehiculares iluminadas u otro tipo de áreas iluminadas	C4	10	40

Tabla 12. Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares.[6]

4.5 Identificación y Registro del Proyecto

De la misma manera en que se clasifican las vías o áreas, es decir en conjunto con la UAESP, sucede con la identificación de los proyectos asignándoles un código o nombre en específico, con el cual se pueden encontrar los proyectos en herramientas de almacenamiento virtuales de una manera ágil y ordenada, de igual forma facilita la comunicación entre el ente regulador y el área de AP o los diseñadores de Enel Codensa encargados de realizar los proyectos de modernización.

La forma de identificación de los proyectos se da de la siguiente manera:

- **Parques**

Generalmente los proyectos de tipo parque se identifican con un código conformado por cuatro dígitos “# # - # #”, los primeros dos dígitos hacen referencia a la localidad de la ciudad de Bogotá a la que pertenecen; los últimos dos dígitos hacen referencia al parque dentro de la localidad respectiva, esto previamente establecido junto con la UAESP

Por ejemplo, algunos de los números establecidos para identificar localidades son:

07- Bosa.

08- Kennedy.

09- Fontibón.

10- Engativá

11- Suba

16- Puente Aranda

19- Ciudad Bolívar

- **Cuadrantes y Sectores**

Son delimitaciones de área dentro de las localidades de la ciudad de Bogotá, en donde se encuentran vías secundarias próximas a modernizar, esto quiere decir que para hacer un mejor manejo y llevar un proceso de modernización ordenado, se estableció junto con la UAESP, la división de la ciudad por número de cuadrantes, y a su vez estos están divididos por número de sectores.

- **Vías principales**

Habitualmente las vías principales que están en proceso de modernización se pueden identificar por el nombre de la vía, ya que al ser vías importantes de la ciudad no surge la necesidad de tener una forma de identificarlas.

Todo lo anterior debe estar debidamente registrado para generar una trazabilidad de proyectos y de zonas de la ciudad modernizadas actualmente, para obtener con ello un orden entre los dos implicados de realizar y revisar los proyectos de modernización, mostrar resultados, trazar metas, mejorar objetivos, etc. Este registro se hace a través de herramientas digitales que ofrece la empresa para incentivar el ahorro de papel en documentos y así contribuir con un cambio hacia la mejora del medio ambiente.

4.6 Elaboración de Propuesta Fotométrica

Al momento de crear la propuesta fotométrica de un proyecto, hay que tener en cuenta si este es de nivel B medio impacto o nivel C alto impacto; de ser así, se deben elaborar 3 propuestas fotométricas y económicas, es decir con tres tipos de luminarias diferentes, para elegir la opción más óptima técnico-económicamente e implementarla en la ciudad de Bogotá, de lo contrario, se elabora una sola propuesta fotométrica.

4.6.1 Diseño Fotométrico

Para realizar el diseño fotométrico de un proyecto, es necesario tener en orden el plano de levantamiento de la infraestructura existente y diseñar sobre este, a través de una herramienta tecnológica como lo puede ser DIALux o Ulysse, softwares que permiten obtener el resultado fotométrico de las zonas que se deseen evaluar junto con su respectivo informe.

Dependiendo del estudio previamente realizado del levantamiento, se comienza a dividir por zonas, áreas o vías que necesiten ser evaluadas y, montando en el software utilizado las luminarias necesarias en la disposición que el diseñador considere más adecuadas. Aquí es donde se ve reflejado la capacidad de resolver problemas por parte del diseñador, de interpretar resultados, de aplicar las normas y optimizar los proyectos.

Los cálculos fotométricos deben considerar un factor de mantenimiento de 0,91 para todos los proyectos de alumbrado público. Una vez obtenidos estos cálculos del software, se debe hacer un análisis de los resultados en donde el diseñador pueda identificar los puntos de las zonas en donde la iluminación no es la adecuada o en que parte se está sobre iluminando; de igual manera, el diseñador puede comparar los resultados luminotécnicos obtenidos por el software con los niveles requeridos según la clasificación del proyecto en las tablas 11 y 12 de este documento y modificar el diseño para obtener los resultados adecuados.

A continuación se muestran vistas en planta y resultados fotométricos (valores de iluminancia horizontal, isolíneas, resumen) obtenidos para tres zonas representativas de un parque y un perfil de vía.

Plazoleta

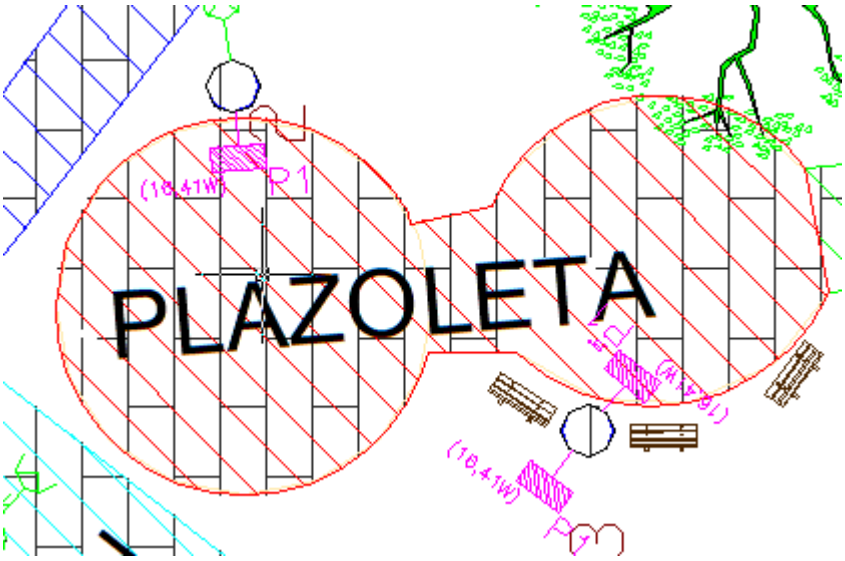


Figura 5. Vista en planta de la zona de plazoleta.

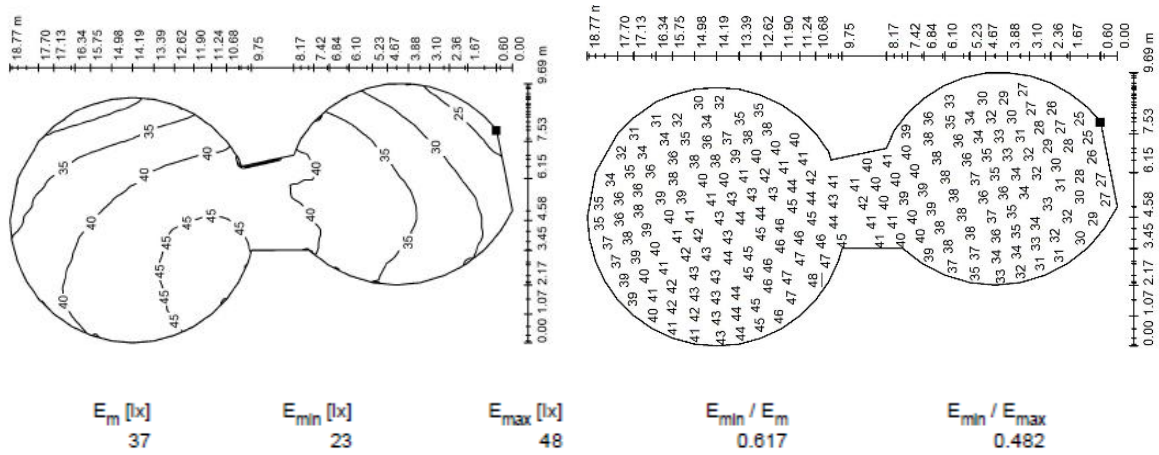


Figura 6. Vista de isolíneas, grafico de valores y resultados luminotécnicos.

Cancha

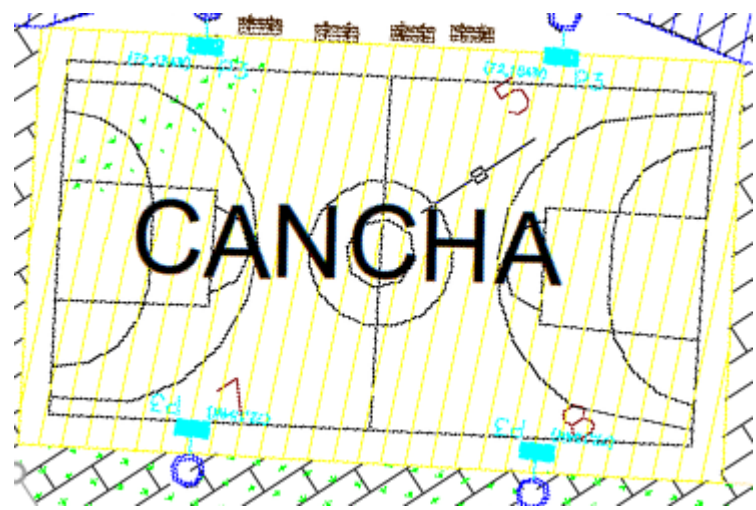


Figura 7. Vista en planta de Cancha.

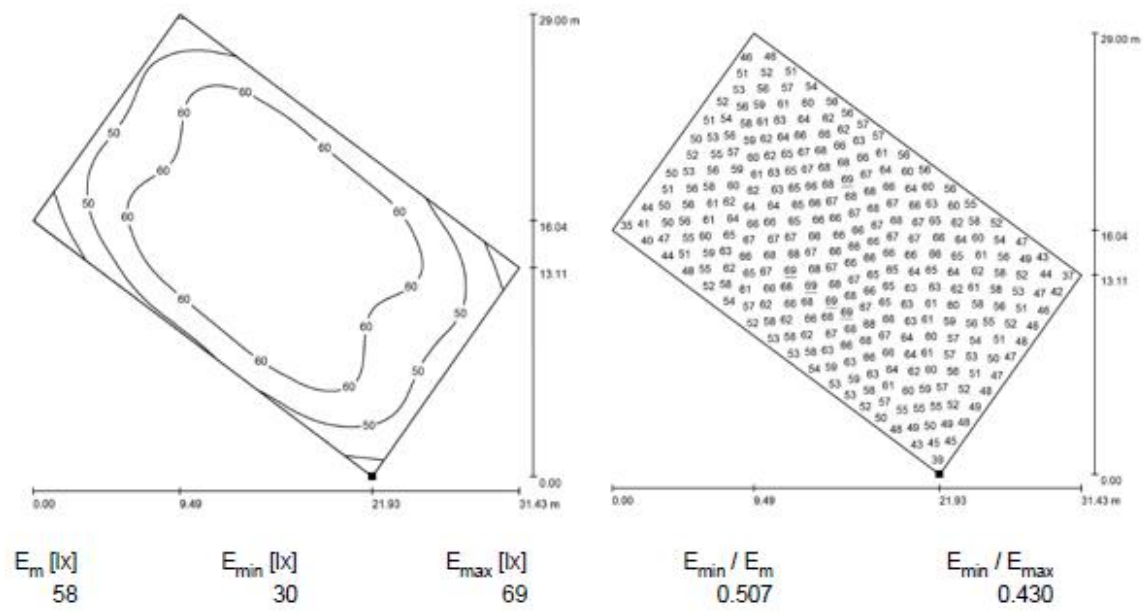


Figura 8. Vista de isolíneas, grafico de valores y resultados luminotécnicos.

Sendero



Figura 9. Vista en planta de sendero.

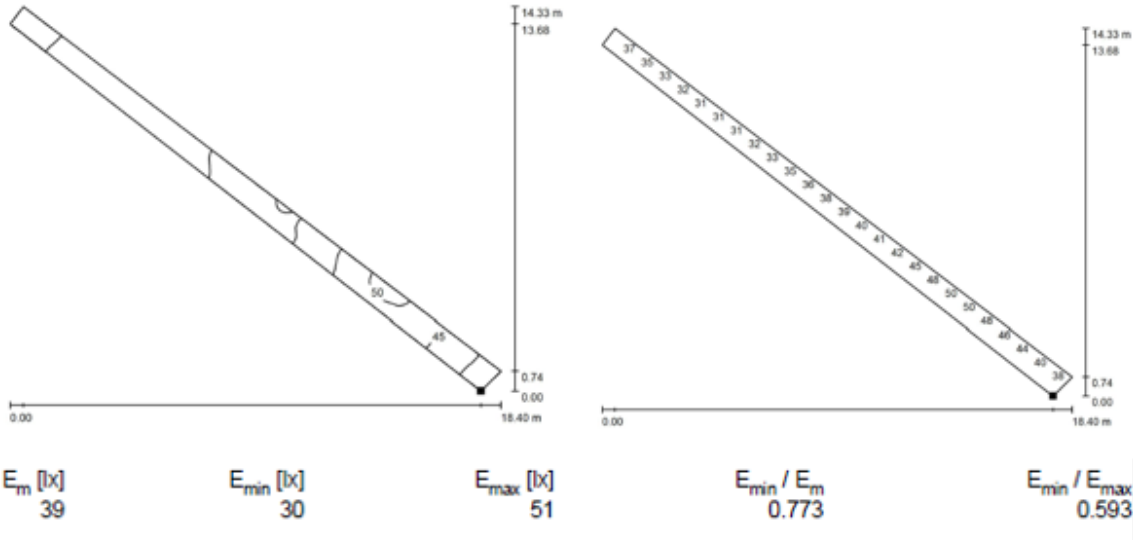


Figura 10. Vista de isolíneas, grafico de valores y resultados luminotécnicos.

Perfil de vía

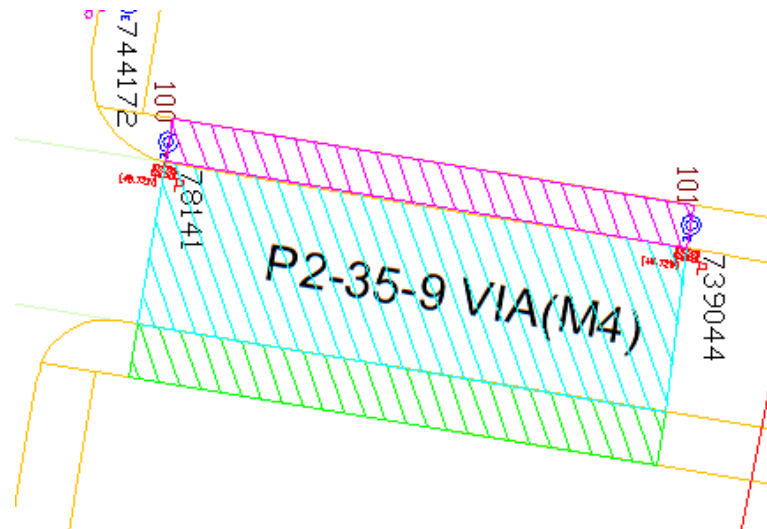


Figura 11. Vista en planta de sendero.

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 3.000 m)

Calzada 1 (Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Camino peatonal 2 (Anchura: 3.000 m)

Factor mantenimiento: 0.91

Disposiciones de las luminarias

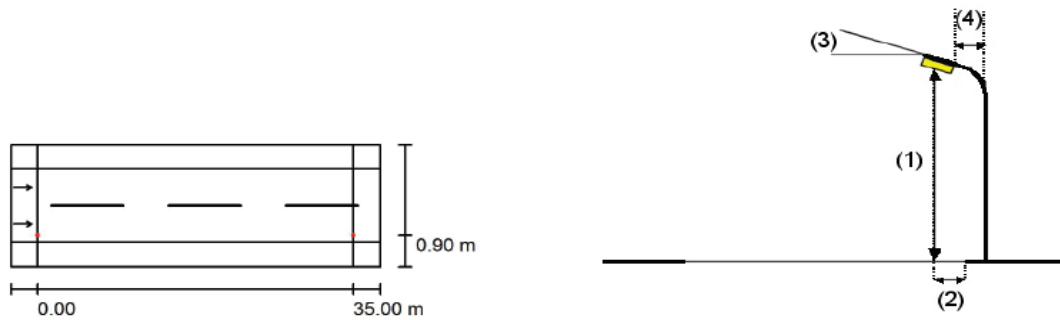


Figura 12. Disposición de luminarias y parámetros de la vía.

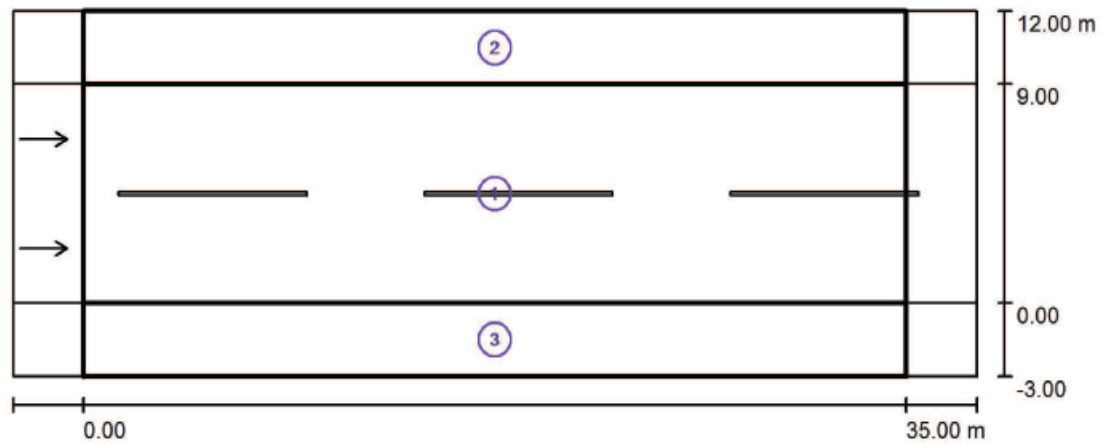


Figura 13. Ubicación de caminos peatonales y calzada.

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
0.85	0.46	0.72	11	0.60
		E_m [lx]		U0
		7.71		0.59
		E_m [lx]		U0
		10.58		0.48

Figura 14. Resultados luminotécnicos de calzada, peatonal 1 y peatonal 2 respectivamente.

4.7 Elaboración de Planos de Diseños Fotométricos

Cuando la elaboración del diseño fotométrico ha cumplido con todos los parámetros y niveles reglamentarios exigidos por el RETILAP, se debe crear un plano de presentación donde se pueda identificar en general el proyecto con sus cálculos; este plano debe ser conciso y claro para que al momento de revisión por parte del ente regulador UAESP, consiga superar todos los filtros y por consiguiente poder ser ejecutado.

La siguiente información debe contener el plano de presentación de diseño fotométrico:

- ✓ Detalles de la instalación, es decir, la manera en que se debe hacer el montaje de las luminarias según lo diseñado
- ✓ División respectiva de las zonas con un color característico y nombre específico
- ✓ Tablas de resultados
- ✓ Tipo, cantidad y potencia de luminarias utilizadas en el diseño
- ✓ Tipo, cantidad y altura de los postes utilizados
- ✓ Expansiones realizadas
- ✓ Localización del proyecto
- ✓ Escala
- ✓ Convenciones
- ✓ Retícula
- ✓ Escudos
- ✓ Orientación
- ✓ Firmas de los ingenieros diseñadores
- ✓ Nombre del proyecto
- ✓ Fecha de diseño

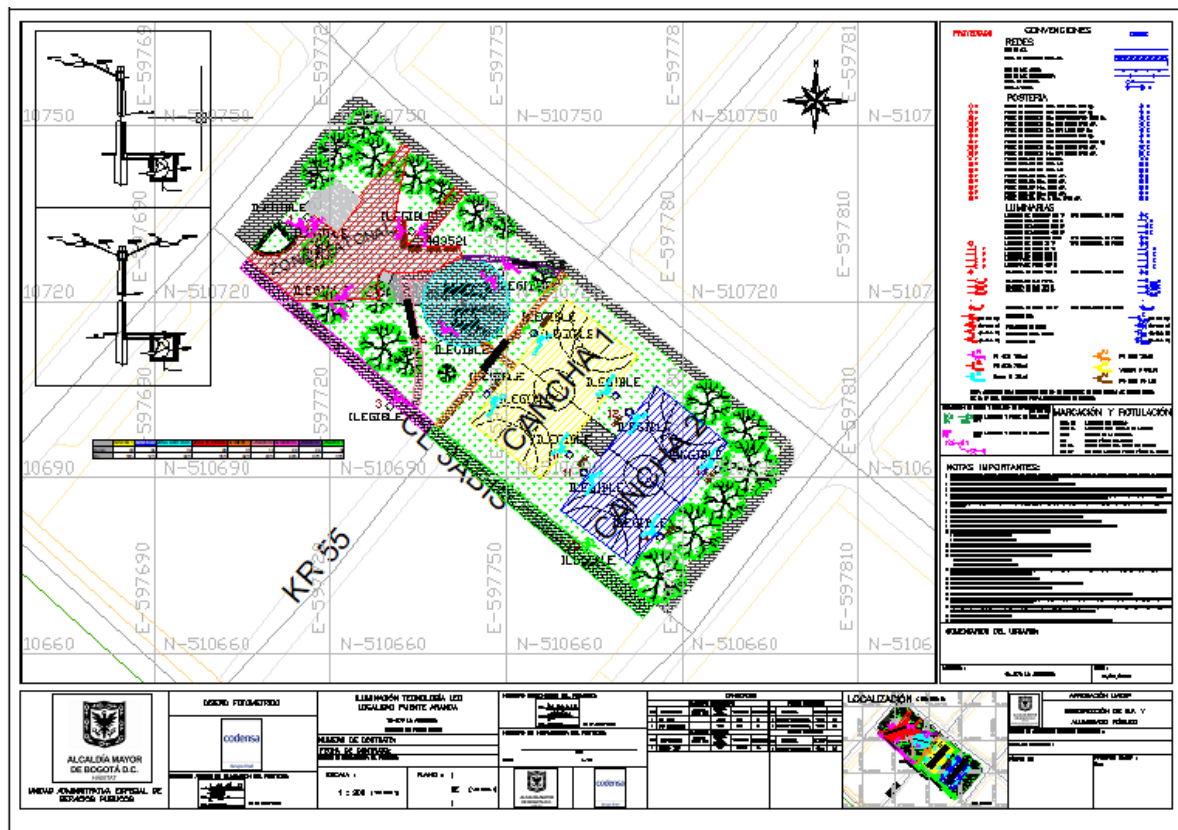


Figura 15. Plano de diseño fotométrico.

CANTIDADES									
LUMINARIAS PROYECTADAS						POSTES EXISTENTES			
ITEM	REFERENCIA	POTENCIA EMISOR LUZ	POTENCIA TOTAL LUMINARIA	TECNOLOGIA	CANTIDAD	ITEM	MATERIAL	ALTURA	CANTIDAD
1	P1 GDS		41.3W	LED	01	1	CONCRETO TIPO LINEA 510kg	10m	05
2	P3 SCHREDER		154W	LED	06	1	CONCRETO TIPO LINEA 510kg	12m	08
LUMINARIAS RETIRADAS						POSTES RETIRADOS			
ITEM	REFERENCIA	POTENCIA EMISOR LUZ	POTENCIA TOTAL LUMINARIA	TECNOLOGIA	CANTIDAD	ITEM	MATERIAL	ALTURA	CANTIDAD
1	SODIO 70W		70W	SODIO	04	1	CONCRETO TIPO LINEA 510kg	10m	01

Figura 16. Resumen del diseño.

4.8 Solicitud de aprobación

Al momento de realizar la solicitud de aprobación ante la UAESP por parte del proceso de diseño, se estructura con una serie de documentos requeridos y desarrollados en el momento de diseñar cada proyecto, esto con el fin de que el ente aprobador tenga material suficiente para hacer un estudio de diseño y autorizar la ejecución del proyecto.

Los documentos requeridos para la solicitud de aprobación son:

- ✓ Cálculos fotométricos o resultados luminotécnicos
- ✓ Archivo Excel con tabla de resultados
- ✓ Plano existente y plano proyectado

Todos estos documentos deben estar en formato digital ya que la solicitud se realiza de la misma manera por ser uno de los criterios principales de Enel Codensa de digitalizar todos sus procesos. Luego de tener la documentación archivada en una carpeta, se remite ante la UAESP para su respectiva revisión; allí se evalúan tanto los resultados como la manera en que el diseñador dispuso de las luminarias y su montaje, es decir, se evalúa tanto los resultados como la calidad del diseño.

Si el diseño es aprobado se remite directamente a la ejecución del proyecto, de lo contrario la UAESP realiza las observaciones correspondientes para que el diseño sea apto y se remite de nuevo al proceso de diseño en donde se realizan las correcciones acordes para finalmente ser aprobado.

4.9 Radicación formal del proyecto

Para tener un registro de los proyectos de modernización que se encuentran realizando en la ciudad de Bogotá, se debe hacer la radicación formal ante el gobierno a través de la Ventanilla Única de la Construcción (VUC), siendo un canal virtual donde se hace seguimiento completo de procesos urbanísticos, en este caso de procesos de ejecución para el alumbrado público.

Los documentos necesarios para realizar la radicación formal de los proyectos de alumbrado público son:

- ✓ Planos de diseño, tanto existente como proyectado
- ✓ Declaración de cumplimiento RETIE firmado por el diseñador a cargo
- ✓ Cedula de ciudadanía del diseñador junto con la tarjeta profesional
- ✓ Certificado de la matrícula vigente del diseñador
- ✓ Certificación financiera

- ✓ Documento VUC donde se especifica el número de puntos lumínicos proyectados y la carga
- ✓ Documento de presentación del proyecto

5. Resultados obtenidos de la práctica

DISEÑOS REALIZADOS POR LOCALIDAD

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
BOSA	
07-408 URB CIUDADELA EL PORVENIR III ETAPA	22

Tabla 13. Proyectos diseñados en la localidad de Bosa.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
FONTIBON	
09-002 AGRUPACION DE VIVIENDA VIEMPRO II	14
09-008 LOS BOHIOS DE HUNZA	10
09-010 LOS CAMBULOS	10
09-011 URB SELVA DORADA	7
09-101 URB VILLA DEL PINAR	21
09-112 PREDIO COLFRIGOS	22
09-166 VILLA DEL PINAR 2 ETAPA	15
09-176 DESARROLLO AMBALEMA LOTES 2 Y 3	4
09-195 URB CIUDADELA INDUSTRIAL MECOB	11
09-276 RUBEN VALLEJO JARAMILLO	12

Tabla 14. Proyectos diseñados en la localidad de Fontibón.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
KENNEDY	
08-041 Ciudad Kennedy Oriental Supermanzana 16	13
08-102 Urbanización Villa Adriana	14
08-382 CIUDAD KENNEDY OCCIDENTAL SM14	9
08-439 URB MANDALAY SECTOR II	16
08-443 MANDALAY I SECTOR	14
08-480 UNIR 1 ETAPA I SECTORES I Y II	10

Tabla 15. Proyectos diseñados en la localidad de Kennedy.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
PUENTE ARANDA	
16-001 PARQUE BOCHICA CENTRAL	14
16-007 PARQUE LAS CARABELAS II SECTOR	13
16-003 - AUTOPISTA DEL SUR 2DO SECTOR	26
16-006 - LAS CARABELAS	9
16-040 PARQUE PRIMAVERA	15
16-147 AUTOPISTA MUZU	58
16-008 PARQUE PUENTE ARANDA	24
16-010 PARQUE VERAGUAS CENTRAL	31
16-015 PARQUE LAS CARABELAS	15
16-020 PARQUE JORGE G. CORTES	11
16-025 PARQUE BOCHICA CENTRAL	8
16-030 PARQUE CORKIDI	8
16-032 PARQUE GORGONZOLA	10
16-035 PARQUE EL SOL	20
16-039 PARQUE PRIMAVERA	14
16-046 PARQUE NUEVA MARICUTANA	19
16-051 PARQUE CARABELAS	12
16-053 PRADERA NORTE	16
16-055 LA CAMELIA II SECTOR	19
16-057 LAS CARABELAS	11
16-058 CARABELAS	14
16-060 URBANIZACION LA MARICUTANA	16
16-064 URBANIZACION EL TEJAR	15
16-069 SORRENTINO	15
16-074 MUZU	12
16-077 PENSILVANIA SECTOR 2-3	26
16-078 VERAGUAS CENTRAL	16
16-079 LA ARBOLEDA	7
16-094 SANTA RITA III SECTOR ETAPA A	12
16-101 TORREMOLINOS I SECTOR	15
16-117 SANTA RITA I SECTOR	14
16-137 BARRIO PRADERA NORTE	15

Tabla 16. Proyectos diseñados en la localidad de Puente Aranda.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
ENGATIVA	
10-006 PARQUE LA CONSOLACIÓN	13
10-243 PARQUE DESARROLLO COMPARTIR BOCHICA	16
10-119 URBANIZACIÓN QUIRIGUA	27

Tabla 17. Proyectos diseñados en la localidad de Engativá.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
SUBA	
11-118 URB COLPATRIA SANTA HELENA II SECTOR	17
11-178 URBANIZACIÓN POTOSÍ II SECTOR	12
11-332 CIUDADELA CAFAM	14
11-871 PARQUE LA SIRENA	21
11-363 URB LA ALHAMBRA SURORIENTAL	22

Tabla 18. Proyectos diseñados en la localidad de Suba.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
USAQUEN	
01-052 CHICO NORTE II SECTOR	18

Tabla 19. Proyectos diseñados en la localidad de Usaquén.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
SAN CRISTOBAL	
04-140 URB. SANTA RITA DEL SUR II ETAPA	10

Tabla 20. Proyectos diseñados en la localidad de San Cristóbal.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
TEUSAQUILLO	
13-149 PARQUE FUTURA	7

Tabla 21. Proyectos diseñados en la localidad de Teusaquillo.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
CIUDAD BOLIVAR	
19-401 URB MADELENA III Y IV SECTOR	23

Tabla 22. Proyectos diseñados en la localidad de Ciudad Bolívar.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
SANTA FE	
03-043 PARQUE BAVARIA	52

Tabla 23. Proyectos diseñados en la localidad de Santa fe.

DISEÑOS REALIZADOS POR MUNICIPIOS

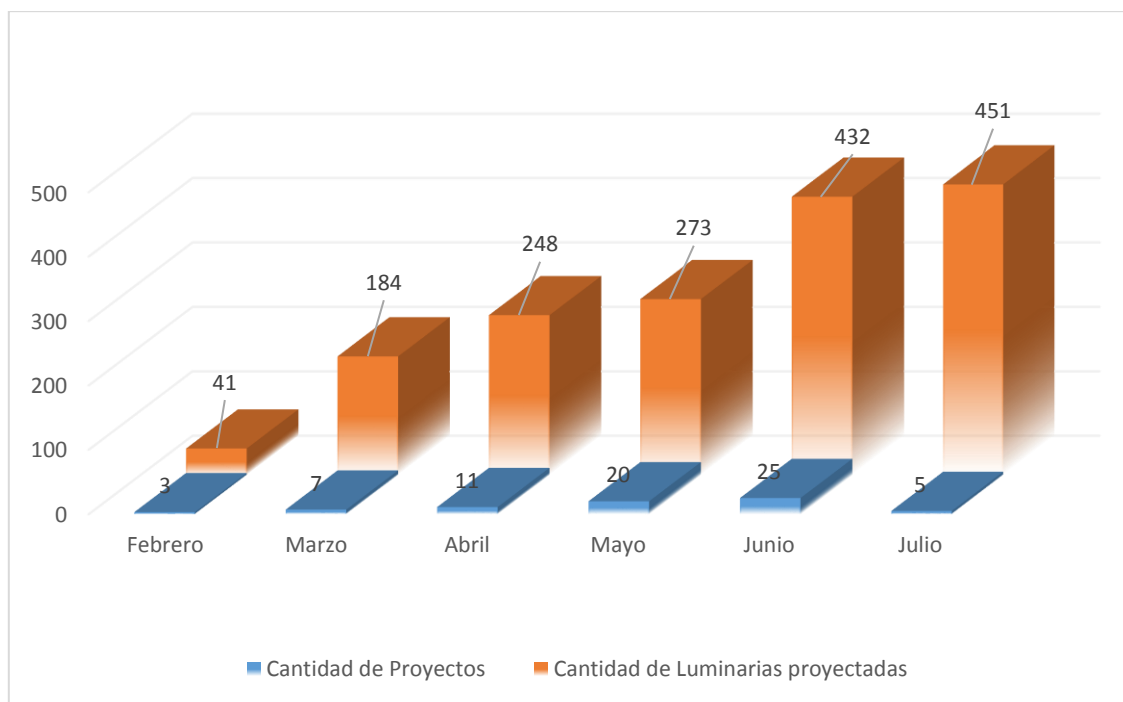
PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
MUNICIPIO EL COLEGIO	
PARQUE PRINCIPAL EL COLEGIO ROY ALPHA	20
PARQUE PRINCIPAL EL COLEGIO GDS	17
PARQUE EL TRIUNFO ROY ALPHA	28
PARQUE EL TRIUNFO GDS	30
PLAZA DE MERCADO ROY ALPHA	12
PLAZA DE MERCADO GDS	12

Tabla 24. Proyectos diseñados en el municipio El Colegio con dos tipos de luminarias.

PROYECTO DISEÑADO	PUNTOS LUMINICOS MODERNIZADOS
SIBATE	
PARQUE DE LAS PAPAS	5
RESERVA 12	112

Tabla 25. Proyectos diseñados en el municipio de Sibaté.

CONSOLIDADO DE RESULTADOS



PROYECTOS MÁS DESTACADOS

Los proyectos de modernización más destacados durante la práctica fueron:

- ✓ 03-043 Parque Bavaria
- ✓ Sector calle 100, delimitado desde la Avenida Calle 100 hasta la Avenida Calle 116 entre Autopista Norte y Avenida Carrera 19 de la ciudad de Bogotá con 387 luminarias proyectadas.
- ✓ Parque el Triunfo, ubicado en el Municipio el colegio.
- ✓ Conjunto residencial Reserva 12, ubicado en el municipio de Sibaté.

Los anteriores proyectos pueden visualizarse en los anexos digitalizados a este documento.

6. Conclusiones

- ✓ El diseño del alumbrado público en la ciudad de Bogotá cumple con los requisitos técnicos existentes en los reglamentos, ya que la compañía se encarga de que los materiales utilizados para AP cumpla con la especificaciones técnicas o normas internas de la empresa para ofrecer un servicio con la mejor calidad tanto técnica como visual.
- ✓ Se realizaron 71 proyectos de modernización en la ciudad de Bogotá con 1627 puntos lumínicos proyectados durante los seis meses de práctica, contribuyendo de esta manera al proyecto de modernización que se encuentra realizando Enel Codensa, cumpliendo con todos los niveles y especificaciones técnicas requeridas por los reglamentos internos y externos de la compañía.
- ✓ Para el diseño de iluminación de cada proyecto se utilizaron softwares de simulación como DIALux y Ulysse, de los cuales ya se tenía un previo conocimiento y se profundizo más sobre estos durante la práctica en temas de montaje del proyecto, estructuración de informes, fotometrías de luminarias, mallas de evaluación y las múltiples funciones que facilitan el diseño fotométrico.
- ✓ La modernización del alumbrado le permite a las ciudades y municipios ser más eficientes en su gestión de la energía. Teniendo un ahorro energético en parques de alrededor de 40 % y en vías de 50%, mejorando la estética de las ciudades, evitando el deterioro de la calidad visual de las personas y aportando más eficiencia en iluminación al Alumbrado Público.
- ✓ El diseño fotométrico de proyectos para alumbrado público requiere que el diseñador tenga gran destreza para solucionar problemas y con esto un buen criterio que le permita desarrollar maneras o metodologías que agilicen el proceso de cumplimiento normativo de iluminación técnica para AP.
- ✓ En lo personal y profesional genera un gran impacto saber que cada diseño realizado tiene un fin aplicativo para la sociedad, en donde según el trabajo realizado, esta se verá afectada o beneficiada. Por tal motivo el interés de lograr un buen diseño se hace mayor a medida que los proyectos son de mayor magnitud.
- ✓ El conocimiento adquirido durante la practica ha sido de grandes magnitudes, creciendo tanto en lo personal como en lo profesional, aplicando de sobremanera los conocimientos adquiridos durante la formación académica profesional sobre iluminación.

7. Anexos digitales

- ✓ 03-043 Parque Bavaria
- ✓ Sector calle 100, delimitado desde la Avenida Calle 100 hasta la Avenida Calle 116 entre Autopista Norte y Avenida Carrera 19 de la ciudad de Bogotá con 387 luminarias proyectadas.
- ✓ Parque el Triunfo, ubicado en el Municipio el colegio.
- ✓ Conjunto residencial Reserva 12, ubicado en el municipio de Sibaté.

8. Bibliografía

- [1] “Codensa innovación tecnológica | Enel–Codensa.” [Online]. Available: <https://www.enel.com.co/es/conoce-enel/enel-codensa/innovacion-tecnologica.html>. [Accessed: 20-May-2019].
- [2] “Iluminación que impulsa el desarrollo | Enel - Codensa.” [Online]. Available: <https://www.enel.com.co/es/historias/a201804-alumbrado-publico-bogota-y-otras-ciudades.html>. [Accessed: 20-May-2019].
- [3] “Tecnología: luces LED y su uso en las ciudades.” [Online]. Available: <https://www.regiondigital.com/noticias/tecnologia/271790-tecnologia-luces-led-y-su-uso-en-las-ciudades.html>. [Accessed: 04-Apr-2019].
- [4] “Conoce 4 de las funciones del departamento de mercadotecnia.” [Online]. Available: <https://rockcontent.com/es/blog/funciones-del-departamento-de-mercadotecnia/>. [Accessed: 06-Jul-2019].
- [5] “Certificación e Inspección de Instalaciones Eléctricas - Retie y Retilap.” [Online]. Available: <http://www.retieyretilap.com/>. [Accessed: 06-Jul-2019].
- [6] Ministerio de Minas y Energía, “RETILAP Resolución Número 180540 De 2010,” p. 243, 2010.
- [7] M. E. Quiroga Riaño, “Análisis de nuevas fuentes en iluminación / Analysis of new sources in lighting,” p. 37, 2010.
- [8] S. López Arias, “Iluminación Y Alumbrado Público,” *Inf. Regul. a. P.*, p. 21, 2015.
- [9] A. E. de F. de Iluminación, “Guía LED en el alumbrado,” p. 440, 2015.
- [10] M. D. E. Aplicaci, “Vapor De Sodio a Alta Presión Et-820,” pp. 1–20, 2013.
- [11] “Lámpara de vapor de sodio de alta presión - Efimarket.” [Online]. Available: <https://www.efimarket.com/blog/lampara-de-vapor-de-sodio-de-alta-presion/>. [Accessed: 07-Jul-2019].
- [12] “Curso de iluminación.” [Online]. Available: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz-LamparasDeDescarga-LamparaHalogenurosMetalicos.php>. [Accessed: 08-Jul-2019].
- [13] E. Técnica, “ET822 Bombillas de halogenuros metálicos,” pp. 1–16, 2016.
- [14] E. Técnica, G. Veloza, and L. E. Vargas, “ET808 Luminarias LED,” pp. 1–15, 2014.